



日本特許
JAPAN PATENT OFFICE

Hiromichi TAKEMURA, et al.
Filed: August 29, 2001
Q66035 Appln. No.: 09/940,510
Group Art Unit: 3682
(202) 293-7060 2 of 2

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出願年月日
Date of Application:

2000年11月30日

RECEIVED

NOV 20 2001

出願番号
Application Number:

特願2000-364427

GROUP 3600

出願人
Applicant(s):

日本精工株式会社

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

2001年 8月31日

及川耕造

出証番号 出証特2001-3078364

【書類名】 特許願

【整理番号】 200188

【提出日】 平成12年11月30日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 B23Q 5/40

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県藤沢市鵠沼神明一丁目5番50号 日本精工株式会社内

【氏名】 武村 浩道

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県藤沢市鵠沼神明一丁目5番50号 日本精工株式会社内

【氏名】 村上 保夫

【特許出願人】

【識別番号】 000004204

【氏名又は名称】 日本精工株式会社

【代表者】 関谷 哲夫

【代理人】

【識別番号】 100066980

【弁理士】

【氏名又は名称】 森 哲也

【選任した代理人】

【識別番号】 100075579

【弁理士】

【氏名又は名称】 内藤 嘉昭

【選任した代理人】

【識別番号】 100103850

【弁理士】

【氏名又は名称】 崔 秀▲てつ▼

【先の出願に基づく優先権主張】

【出願番号】 特願2000-259767

【出願日】 平成12年 8月29日

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 001638

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9006534

【包括委任状番号】 9402192

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 転がり軸受の寿命予測方法、寿命予測装置、寿命予測装置を使用した転がり軸受選定装置及び記憶媒体

【特許請求の範囲】

【請求項1】 基本動定格荷重C及び基本静定格荷重 C_0 が計算可能な仕様とされた転がり軸受の寿命予測を行う転がり軸受の寿命予測方法において、等価荷重をP、荷重指数をp、潤滑剤の粘度比を κ 、汚染度係数を a_C 、疲労限度荷重を P_u 、寿命補正係数を a_{NSK} としたときに、ある信頼度係数 a_1 における転がり軸受の定格補正寿命 L_A を、

$$L_A = a_1 \cdot a_{NSK} \cdot (C/P)^p$$

$$a_{NSK} \propto f [F(\kappa), \{(P - P_u)/C\} \cdot 1/a_C]$$

で算出するようにしたことを特徴とする転がり軸受の寿命予測方法。

【請求項2】 前記汚染度係数 a_C は、鋼の成分及び熱処理により寿命延長を図ることができる鋼の影響度として材料係数 a_m を適用して、

$$a_C = g (a_m, a_C)$$

で算出するようにしたことを特徴とする請求項1記載の転がり軸受の寿命予測方法。

【請求項3】 前記寿命補正係数 a_{NSK} は、粘度比 κ の関数 $F(\kappa)$ を潤滑パラメータ a_L として設定し、この潤滑パラメータ a_L と荷重パラメータ $\{(P - P_u)/C\} \cdot 1/a_C$ に基づいて算出されることを特徴とする請求項1又は2に記載の転がり軸受の寿命予測方法。

【請求項4】 基本動定格荷重C及び基本静定格荷重 C_0 が計算可能な仕様とされた転がり軸受の寿命予測を行う転がり軸受の寿命予測装置において、前記転がり軸受の前記基本動定格荷重C及び基本静定格荷重 C_0 を含む諸元情報を入力する諸元情報入力手段と、該諸元情報入力手段で入力された諸元情報に基づいて動等価荷重を演算する動等価荷重演算手段と、信頼度係数を設定する信頼度設定手段と、前記諸元情報に基づいて潤滑パラメータを演算する潤滑パラメータ演算手段と、汚染度を設定する汚染度設定手段と、疲労限度荷重を演算する疲労限度荷重演算手段と、前記基本動荷重、動等価荷重、疲労限度荷重及び汚染度に基

づいて荷重パラメータを決定する荷重パラメータ決定手段と、前記潤滑パラメータ及び荷重パラメータに基づいて寿命補正係数を設定する寿命補正係数設定手段と、前記信頼度係数、寿命補正係数、基本動定格荷重、動等価荷重及び荷重指數に基づいて軸受寿命を演算する軸受寿命演算手段とを備えていることを特徴とする転がり軸受の寿命予測装置。

【請求項5】 基本動定格荷重C及び基本静定格荷重C₀が計算可能な仕様とされた転がり軸受の寿命予測を行う転がり軸受の寿命予測装置において、前記転がり軸受の前記基本動定格荷重C及び基本静定格荷重C₀を含む諸元情報を入力する諸元情報入力手段と、該諸元情報入力手段で入力された諸元情報に基づいて動等価荷重を演算する動等価荷重演算手段と、信頼度係数を設定する信頼度設定手段と、前記諸元情報に基づいて潤滑パラメータを演算する潤滑パラメータ演算手段と、汚染度を設定する汚染度設定手段と、疲労限度荷重を演算する疲労限度荷重演算手段と、前記基本動荷重、動等価荷重、疲労限度荷重及び汚染度に基づいて荷重パラメータを決定する荷重パラメータ決定手段と、前記潤滑パラメータ及び荷重パラメータに基づいて寿命補正係数を設定する寿命補正係数設定手段と、前記信頼度係数、寿命補正係数、基本動定格荷重、動等価荷重及び荷重指數に基づいて軸受寿命を演算する軸受寿命演算手段と、該軸受寿命演算手段の演算結果が所望寿命に該当しないときに当該所望寿命を一致させる再演算が必要であるか否かを判定する再演算判定手段とを備えていることを特徴とする転がり軸受の寿命予測装置。

【請求項6】 前記汚染度設定手段は、鋼の成分及び熱処理により寿命延長を図ることができる鋼の影響度としての材料係数を考慮した汚染度係数を設定するように構成されていることを特徴とする請求項4又は5に記載の転がり軸受の寿命予測装置。

【請求項7】 前記潤滑パラメータ演算手段は、使用潤滑剤の運動粘度νと軸受平均直径d[m]と、軸受回転数Nとから運動温度における使用潤滑剤の動粘度ν及び運動温度における必要粘度ν₁の比である粘度比κを演算するように構成されていることを特徴とする請求項4乃至6の何れかに記載の転がり軸受の寿命予測装置。

【請求項8】 前記寿命補正係数演算手段は、荷重パラメータ及び潤滑パラメータをもとに、当該値と寿命補正係数との関係を潤滑パラメータをパラメータとして表す寿命補正係数算出マップを参照して、寿命補正係数を算出するように構成されていることを特徴とする請求項4乃至7の何れかに記載の転がり軸受の寿命予測装置。

【請求項9】 前記軸受寿命演算手段で算出した軸受寿命を提示する提示手段を備えることを特徴とする請求項4乃至8の何れかに記載の転がり軸受の寿命予測装置。

【請求項10】 ユーザーが所望とする軸受種別を入力する軸受種別入力手段と、転がり軸受の前記基本動定格荷重C及び基本静定格荷重C₀を含む必要諸元情報からユーザーが要求する要求諸元情報以外の必要諸元情報を入力する諸元情報入力手段と、該諸元情報入力手段で入力された要求諸元情報と前記必要諸元情報とを比較して、入力されていない諸元情報を仮定する諸元情報仮定手段と、前記諸元情報入力手段で入力された諸元情報及び諸元情報仮定手段で仮定された諸元情報に基づいて軸受寿命予測演算を行う前記請求項4に係る転がり軸受の寿命予測装置と、該寿命予測装置の演算結果が前記諸元情報入力手段で入力された諸元情報を満足するか否かを判定する判定手段と、該判定手段の判定結果が演算結果が諸元情報を満足するときに諸元情報仮定手段で設定した諸元情報を提示する諸元情報提示手段と、前記判定手段の判定結果が演算結果が諸元情報を満足しないものであるときに前記諸元情報仮定手段で仮定した諸元情報を変更して前記転がり軸受寿命予測装置で再演算させる再演算手段とを備えていることを特徴とする転がり軸受の寿命予測装置を使用した転がり軸受選定装置。

【請求項11】 前記諸元情報入力手段、諸元情報仮定手段、転がり軸受の寿命予測装置、判定手段、諸元情報提示手段及び再演算手段は、インターネットを介してアクセス可能に構成されていることを特徴とする請求項10に記載の転がり軸受の寿命予測装置を使用した転がり軸受選定装置。

【請求項12】 インターネットを介してユーザー登録を受付けるユーザー登録受付手段を有し、該ユーザー登録受付手段で登録されたユーザーのみがインターネットを介して前記諸元情報入力手段、諸元情報仮定手段、転がり軸受の寿

命予測装置、判定手段、諸元情報提示手段及び再演算手段にアクセス可能に構成されていることを特徴とする請求項11に記載の転がり軸受の寿命予測装置を使用した転がり軸受選定装置。

【請求項13】 前記諸元情報入力手段、諸元情報仮定手段、転がり軸受の寿命予測装置、判定手段、諸元情報提示手段及び再演算手段で扱う言語を選択可能に構成されていることを特徴とする請求項11又は12に記載の転がり軸受の寿命予測装置を使用した転がり軸受選定装置。

【請求項14】 前記諸元情報提示手段は、転がり軸受の寿命予測提示、最適軸受の提示、最適使用条件の提示の何れかを行うように構成されていることを特徴とする請求項10乃至13の何れかに記載の転がり軸受選定装置。

【請求項15】 前記諸元情報提示手段は、転がり軸受の寿命予測提示、最適軸受の提示、最適使用条件の提示の何れかをパラメータを変更可能な画像情報として提示するようにしたことを特徴とする請求項10乃至13の何れかに記載の転がり軸受選定装置。

【請求項16】 前記画像情報は一方の軸を寿命予測値とし、他方の軸を軸受サイズ、軸受荷重、回転速度、潤滑材の種類、汚染度、使用温度、材料の種類、信頼度係数等から選択した1つとした特性線図で表示されることを特徴とする請求項15記載の転がり軸受選定装置。

【請求項17】 前記諸元情報提示手段で提示した諸元情報に基づく転がり軸受の納期及び見積もり金額の少なくとも一方を提示する納品情報提示手段を備えていることを特徴とする請求項10乃至16の何れかに記載の転がり軸受選定装置。

【請求項18】 基本動定格荷重C及び基本静定格荷重C₀が計算可能な仕様とされた転がり軸受の寿命予測を行う寿命予測プログラムを格納した記憶媒体であって、前記転がり軸受の前記基本動定格荷重C及び基本静定格荷重C₀を含む諸元情報を入力するステップと、該諸元情報入力手段で入力された諸元情報に基づいて動等価荷重を演算するステップと、信頼度係数を設定するステップと、前記諸元情報に基づいて潤滑パラメータを演算するステップと、汚染度を設定するステップと、疲労限度荷重を演算するステップと、前記基本動荷重、動等価荷

重、疲労限度荷重及び汚染度に基づいて荷重パラメータを決定するステップと、前記潤滑パラメータ及び荷重パラメータに基づいて寿命補正係数を設定するステップと、前記信頼度係数、寿命補正係数、基本動定格荷重、動等価荷重及び荷重指数に基づいて軸受寿命を演算するステップとを実行する寿命予測プログラムを格納した記憶媒体。

【請求項19】 基本動定格荷重C及び基本静定格荷重 C_0 が計算可能な仕様とされた転がり軸受の寿命予測を行う寿命予測プログラムを格納した記憶媒体であって、前記転がり軸受の前記基本動定格荷重C及び基本静定格荷重 C_0 を含む諸元情報を入力するステップと、該諸元情報入力手段で入力された諸元情報に基づいて動等価荷重を演算するステップと、信頼度係数を設定するステップと、前記諸元情報に基づいて潤滑パラメータを演算するステップと、汚染度を設定するステップと、疲労限度荷重を演算するステップと、前記基本動荷重、動等価荷重、疲労限度荷重及び汚染度に基づいて荷重パラメータを決定するステップと、前記潤滑パラメータ及び荷重パラメータに基づいて寿命補正係数を設定するステップと、前記信頼度係数、寿命補正係数、基本動定格荷重、動等価荷重及び荷重指数に基づいて軸受寿命を演算するステップと、該軸受寿命の演算結果が所望寿命に該当しないときに当該所望寿命を一致させる再演算が必要であるか否かを判定するステップとを実行する寿命予測プログラムを格納した記憶媒体。

【請求項20】 ユーザーが要求する仕様に応じた転がり軸受を選定する軸受選定プログラムを格納した記憶媒体であって、ユーザーが所望とする軸受種別を入力するステップと、転がり軸受の前記基本動定格荷重C及び基本静定格荷重 C_0 を含む必要諸元情報からユーザーが要求する要求諸元情報以外の必要諸元情報を入力するステップと、前記要求諸元情報と前記必要諸元情報とを比較して、入力されていない諸元情報を仮定するステップと、前記要求諸元情報及びこれ以外の仮定した諸元情報に基づいて請求項18に係る寿命予測プログラムを使用して寿命予測を行うステップと、寿命予測結果が前記要求諸元情報を満足するか否かを判定するステップと、寿命予測結果が前記要求諸元情報を満足するときに仮定した諸元情報を軸受選定情報として提示するステップと、寿命予測結果が前記要求諸元情報を満足しないものであるときに前記仮定した諸元情報を変更し

て前記寿命予測プログラムで再演算するステップとを実行する軸受選定プログラムを格納した記憶媒体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、基本動定格荷重及び基本静定格荷重が計算できる仕様を有する転がり軸受の寿命を正確に予測することができる転がり軸受の寿命予測方法、寿命予測装置、寿命予測装置を使用した転がり軸受選定装置及びそのプログラムを格納した記憶媒体に関する。

【0002】

【従来の技術】

転がり軸受の基本定格寿命 L_{10} に関しては J I S B 1 5 1 8 : 1 9 9 2 で規定されており、通常は次式のような計算式が用いられている。

$$L_{10} = (C/P)^P \quad \dots \dots \dots \quad (1)$$

ここで、Cは転がり軸受の基本動定格荷重、Pは軸受に作用する動等価荷重である。また、Pは荷重指数を表し、玉軸受の場合 $P = 3$ 、ころ軸受の場合 $P = 10/3$ に設定される。この基本定格寿命 L_{10} は、信頼度が 90% で、普通使用する材料を用いて、通常の製造品質で、且つ普通の使用条件におけるものである。

【0003】

一方、破損確率が $n\%$ のときの信頼度 $(100 - n)\%$ 及び特殊な軸受特性並びに特定の使用条件に対する補正定格寿命 L_{na} は、次式のようになる。

$$L_{na} = a_1 \cdot a_2 \cdot a_3 \cdot L_{10} \quad \dots \dots \dots \quad (2)$$

ここで、 a_1 は信頼度係数であって、下記表1で表記され、信頼度を高める程低い値となる。

【0004】

【表1】

信頼度%	L_{na}	a_1
90	L_{10a}	1
95	L_{5a}	0.62
96	L_{4a}	0.53
97	L_{3a}	0.44
98	L_{2a}	0.33
99	L_{1a}	0.21

【0005】

また、 a_2 は軸受特性係数であって、材料改良による疲れ寿命の延長を補正する係数で、通常 1.0 とするが真空脱ガス軸受鋼材を使用すると 1.0 以上となり、高清浄度鋼となると高い値となる。さらに、 a_3 は使用条件係数であって、潤滑条件に及ぼす影響を補正する係数で、十分な油膜厚さが期待できる場合に $a_3 \geq 1$ となるが、油接触部における潤滑油の粘度が低すぎる場合、転動体の周速が非常に遅い場合、軸受温度が高い場合及び潤滑剤の中に異物、水分が混入した場合には $a_3 < 1$ となる。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上記従来例にあっては、(1)式による基本定格寿命 L_{10} に信頼度、軸受特性及び使用条件を加味した補正を行うことで、転がり軸受の寿命予測精度を向上させることができるものであるが、この補正定格寿命 L_{na} では、軸受特性係数 a_2 及び使用条件係数 a_3 は定量化することが困難であり、特に使用条件係数 a_3 の決め方が不十分であるため基本動定格寿命がバラツク問題が生じている。このため、 $a_2 \times a_3$ を 1 つの値として取り扱う考え方もある。この場合には、一般的な潤滑条件では、 $a_2 \times a_3 = 1$ となるが、潤滑剤の粘度が低すぎる場合には $a_2 \times a_3 = 0.2$ 程度と小さな値になり、また軸受の傾きもなく運転温度で十分な潤滑油膜厚さがある場合には $a_2 \times a_3 = 2$ を採ることができる。このように、軸受特性係数 a_2 及び使用条件係数 a_3 の積で見ると、0.2

～2.0と変化し、これら係数の積だけで寿命が10倍も変化することになり、正確な寿命予測を行うことができないという未解決の課題がある。

【0007】

すなわち、NSKテクニカルジャーナル(No. 655(1993) p17～24の図9)に記載されているように、スーパークリーン(2段フィルタ使用)の場合は、実際の軸受寿命 L_{10} がJISの計算寿命の約20倍となり、マイルドコンタミネーションの場合に、JISの計算寿命程度で、更に、シビアコンタミネーションの場合は、JISの計算寿命の約1/7～1/25となり、バラツキが非常に大きいことが報告されている。このため、実際の転がり軸受の寿命予測を行うのは非常に困難であり、正確寿命予測を行うことができない。

【0008】

また、吉村、村上、阿部らの報告(ASM STP 1195, J, JC. Hoo, Ed., 1993, p199～210)に記載されているように、材料の清浄度の違いによって、転がり疲労限界を表す指標としてバタフライの発生限度が異なり、材料S(NSK標準材料)の発生限界が接触面圧=1850MPaに対して、清浄度の劣る材料Lのバタフライ発生限界は、1100MPaとなっている。従って、通常の軸受材料に関して、安全側に考えるとクリーンな潤滑下で、且つ理想的な状態下で使用される場合の接触面圧が15000MPa以下では、応力繰り返し数が 10^{11} サイクルに至っても剥離を生じないときの、動等価荷重を疲労限度荷重 P_u と考えることができる。

【0009】

さらに、日本トライボロジー会議予稿集(大阪 1997-11, p324～326)に記載されているように、潤滑条件を表す指標として、油膜パラメータ Λ [$= h_{min} / \sqrt{(h_{r1}^2 - h_{r2}^2)}$ h_{r1}, h_{r2} : 接触2面の二乗平均粗さ、 h_{min} : EHL油膜の最小厚さ] が小さい場合(例えば $\Lambda < 3$)、油膜が十分ある場合の寿命と比較して1/10程度に低下する場合と低下しない場合などがあり、この潤滑状態を表す指標として油膜パラメータ Λ ではなく、他のパラメータとして表記する必要性がある。

【0010】

そこで、本発明は、上記従来例の未解決の課題に着目してなされたものであり、入力条件を簡略化しながら高精度の転がり軸受寿命を予測を行うことができる転がり軸受の寿命予測方法及び予測装置を提供することを目的としている。

【0011】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、請求項1に係る転がり軸受の寿命予測方法は、基本動定格荷重C及び基本静定格荷重C₀が計算可能な仕様とされた転がり軸受の寿命予測を行う転がり軸受の寿命予測方法において、等価荷重をP、荷重指数をp、潤滑剤の粘度比をκ、汚染度係数をa_C、疲労限度荷重をP_u、寿命補正係数をa_{NSK}としたときに、ある信頼度係数a₁における転がり軸受の定格補正寿命L_Aを、

$$L_A = a_1 \cdot a_{NSK} \cdot (C/P)^p$$

$$a_{NSK} \propto f [F(\kappa), \{(P - P_u)/C\} \cdot 1/a_C]$$

で算出するようにしたことを特徴としている。

【0012】

ここで、定格補正寿命L_Aを上式で算出する理由は、次の通りである。

転がり軸受の寿命計算式の起源となっているのは、1947年に、Lundberg,GとPalmgren,Aとが「Dynamic Capacity of Rolling bearings」として、Acta Polytechnica,Mechanical Engineering of Basic Engineering,82,pp309~320に発表されているように、下記(3)式が基本の考え方となっている。

【0013】

【数1】

$$1 \ln \frac{1}{S} \frac{\tau_0^c \cdot N^e \cdot V}{z_0^h} \dots \dots \dots \quad (3)$$

【0014】

ここで、Sは残存率、τ₀は最大せん断応力、z₀はτ₀の発生する深さ、Nは剥離に至る応力繰り返し数、Vは応力体積(応力が作用する接触面下の体積)、c, h, eは定数である。

また、上記（3）式を発展させた考え方として、転がり軸受の寿命計算式において、疲労限度荷重の考えを導入したのは、Ioannides,E と Harris,Tらであり、「A New fatigue life model for rolling bearings」として、ASME transactions, Journal of Tribology, Vol.107, pp367~378 にて、下記（4）式のように報告している。

【0015】

【数2】

$$1 \ln \frac{1}{S} \infty N^{\circ} \int \frac{(\tau - \tau_u)^c}{z_0^h} V \quad \dots \dots \dots \quad (4)$$

【0016】

ここで、 τ_u とは、軸受材料の清浄度、熱処理に関連した疲労限界せん断応力を表している。

しかしながら、上記式（4）は、軸受の剥離寿命の考え方として、内部起点の考え方を踏襲しているため、表面起点型剥離の形態を考慮した式とは不十分といった課題があり、本発明では、表面起点型剥離の形態を表す式として、潤滑環境として新たに、汚染度係数 a_c と潤滑パラメータ a_L を組込んだ下記式（5）を考えたものである。

【0017】

【数3】

$$1 \ln \frac{1}{S} \infty N^{\circ} \int \frac{(\tau - \tau_u)^c}{z_0^h} V \times \left[\frac{1}{f(a_c, a_L)} - 1 \right] \quad \dots \dots \quad (5)$$

【0018】

したがって、本発明の転がり軸受の寿命を正確に予測するために、内部起点型剥離を表す式（4）と、表面起点型剥離を表す式（5）とを組み合わせた式として下記（6）式を考えた。

【0019】

【数4】

$$1 \ln \frac{1}{S} \propto N^{\circ} \int \frac{(\tau - \tau_u)^{\circ}}{z_0^h} V \times \left[\frac{1}{f(a_c, a_L)} \right] \dots \dots \dots (6)$$

【0020】

この(6)式を展開すると、軸受寿命を正確に予測できる式として、

$$L_A = a_1 \cdot a_{NSK} \cdot (C/P)^P \dots \dots \dots (7)$$

$$a_{NSK} \propto f[F(\kappa), \{(P - P_u)/C\} \cdot 1/a_C] \dots \dots \dots (8)$$

が得られ、寿命補正係数 a_{NSK} が、潤滑パラメータ a_L と荷重パラメータ $\{(P - P_u)/C\} \cdot 1/a_C$ の関数となることを知見した。

【0021】

また、請求項2に係る転がり軸受の寿命予測方法は、請求項1に係る発明において、前記汚染度係数 a_C が、鋼の成分及び熱処理により寿命延長を図ることができる鋼の影響度として材料係数 a_m を適用して、

$$a_C = g(a_m, a_C)$$

で算出するようにしたことを特徴としている。

【0022】

この請求項2に係る発明では、汚染度係数 a_C を鋼の成分及び熱処理により寿命延長を図ることができる鋼の影響度として材料係数 a_m を適用し、この材料係数 a_m を考慮して汚染度係数を算出することにより、より正確な汚染度係数 a_C を求めることができる。

さらに、請求項3に係る転がり軸受の寿命予測方法は、請求項1又は2に係る発明において、前記寿命補正係数 a_{NSK} が、粘度比 κ の関数 $F(\kappa)$ を潤滑パラメータ a_L として設定し、この潤滑パラメータ a_L と荷重パラメータ $\{(P - P_u)/C\} \cdot 1/a_C$ とに基づいて算出されることを特徴としている。

【0023】

この請求項3に係る発明では、寿命補正係数 a_{NSK} を潤滑パラメータ a_L と荷重パラメータとに基づいて算出するので、表面起点型剥離の形態を考慮した寿命補正係数 a_{NSK} を算出することができる。

さらにまた、請求項4に係る転がり軸受の寿命予測装置は、基本動定格荷重C及び基本静定格荷重C₀が計算可能な仕様とされた転がり軸受の寿命予測を行う転がり軸受の寿命予測装置において、前記転がり軸受の前記基本動定格荷重C及び基本静定格荷重C₀を含む諸元情報を入力する諸元情報入力手段と、該諸元情報入力手段で入力された諸元情報に基づいて動等価荷重を演算する動等価荷重演算手段と、信頼度係数を設定する信頼度設定手段と、前記諸元情報に基づいて潤滑パラメータを演算する潤滑パラメータ演算手段と、汚染度を設定する汚染度設定手段と、疲労限度荷重を演算する疲労限度荷重演算手段と、前記基本動荷重、動等価荷重、疲労限度荷重及び汚染度に基づいて荷重パラメータを決定する荷重パラメータ決定手段と、前記潤滑パラメータ及び荷重パラメータに基づいて寿命補正係数を設定する寿命補正係数設定手段と、前記信頼度係数、寿命補正係数、基本動定格荷重、動等価荷重及び荷重指数に基づいて軸受寿命を演算する軸受寿命演算手段とを備えていることを特徴としている。

【0024】

この請求項4に係る発明では、諸元情報入力手段で、諸元情報を入力すると共に、信頼度設定手段で信頼度係数a₁を設定し、且つ汚染度設定手段で汚染度を設定することにより、潤滑パラメータ演算手段で、潤滑パラメータa_L(=F(κ))を演算し、疲労限度荷重演算手段で疲労限度荷重を演算し、さらに荷重パラメータ決定手段で荷重パラメータ{(P-P_u)/C}·1/a_Cを演算することにより、寿命補正係数設定手段で、前記(8)式の演算を行って寿命補正係数a_{NSK}を設定し、この寿命補正係数a_{NSK}、信頼度係数a₁、基本動定格荷重C、動等価荷重P、疲労限度荷重P_u、荷重指数pに基づいて前記(7)式の演算を行って軸受寿命L_Aを算出する。

【0025】

なおさらに、請求項5に係る転がり軸受の寿命予測装置は、基本動定格荷重C及び基本静定格荷重C₀が計算可能な仕様とされた転がり軸受の寿命予測を行う転がり軸受の寿命予測装置において、前記転がり軸受の前記基本動定格荷重C及び基本静定格荷重C₀を含む諸元情報を入力する諸元情報入力手段と、該諸元情報入力手段で入力された諸元情報に基づいて動等価荷重を演算する動等価荷重演

算手段と、信頼度係数を設定する信頼度設定手段と、前記諸元情報に基づいて潤滑パラメータを演算する潤滑パラメータ演算手段と、汚染度を設定する汚染度設定手段と、疲労限度荷重を演算する疲労限度荷重演算手段と、前記基本動荷重、動等価荷重、疲労限度荷重及び汚染度に基づいて荷重パラメータを決定する荷重パラメータ決定手段と、前記潤滑パラメータ及び荷重パラメータに基づいて寿命補正係数を設定する寿命補正係数設定手段と、前記信頼度係数、寿命補正係数、基本動定格荷重、動等価荷重及び荷重指数に基づいて軸受寿命を演算する軸受寿命演算手段と、該軸受寿命演算手段の演算結果が所望寿命に該当しないときに当該所望寿命を一致させる再演算が必要であるか否かを判定する再演算判定手段とを備えていることを特徴としている。

【0026】

この請求項5に係る発明では、前述した請求項4に係る発明の作用に加えて、軸受寿命演算手段の演算結果が所望寿命に該当しないときに、再演算判定手段で、所望寿命を満足する為に再計算が必要であるか否かを判定し、再計算が必要である場合には、転がり軸受の名番を大きい方に変更するか、汚染度の低い材料に変更するか、潤滑剤の粘度を高くするかの何れかを選択することにより、再計算を行って、所望寿命を満足する転がり軸受を決定する。

【0027】

また、請求項6に係る転がり軸受の寿命予測装置は、請求項4又は5に係る発明において、前記汚染度設定手段が、鋼の成分及び熱処理により寿命延長を図ることができる鋼の影響度としての材料係数を考慮した汚染度係数を設定するよう構成されていることを特徴としている。

この請求項6に係る発明では、前述した請求項2と同様に鋼の成分及び熱処理により寿命延長を図ることができる鋼の影響度としての材料係数 a_m を考慮して汚染度係数を算出することにより、より正確な汚染度係数 a_c を求めることができる。

【0028】

さらに、請求項7に係る転がり軸受の寿命予測装置は、請求項4乃至6の何れかの発明において、前記潤滑パラメータ演算手段は、使用潤滑剤の運転動粘度 ν

と軸受平均直径 d mと、軸受回転数Nとから運転温度における使用潤滑剤の動粘度 ν 及び運転温度における必要粘度 ν_1 の比である粘度比 κ を演算するように構成されていることを特徴としている。

【0029】

この請求項7に係る発明では、潤滑パラメータとして使用潤滑剤の動粘度 ν 及び運転温度における必要粘度 ν_1 の比である粘度比 κ を適用することにより、転がり軸受の運転状態における油膜厚さを考慮することができ、粘度比 κ が大きくなると潤滑状態が良好となって軸受寿命が向上し、粘度比 κ が小さくなると潤滑状態が悪くなり軸受寿命が低下する。

【0030】

さらにまた、請求項8に係る転がり軸受の寿命予測装置は、請求項4乃至7の何れかに係る発明において、前記寿命補正係数演算手段は、荷重パラメータ及び潤滑パラメータをもとに、当該値と寿命補正係数との関係を潤滑パラメータをパラメータとして表す寿命補正係数算出マップを参照して、寿命補正係数を算出するように構成されていることを特徴としている。

【0031】

この請求項8に係る発明では、荷重パラメータ及び潤滑パラメータをもとに、予め記憶した寿命補正係数算出マップを参照することにより、寿命補正係数を容易に算出することができる。

さらに、請求項9に係る転がり軸受の寿命予測装置は、請求項4乃至8の何れかに係る発明において、前記軸受寿命演算手段で算出した軸受寿命を提示する提示手段を備えることを特徴としている。

【0032】

この請求項9に係る発明では、軸受寿命演算手段で算出したユーザー仕様における転がり軸受の寿命予測の提示を行うことによって、ユーザーはこれを容易に認識することができる。例えば、横軸パラメータとして、軸受サイズ、軸受荷重、回転数、潤滑剤の種類、汚染度、使用温度、材料の種類、信頼度係数を設定し、縦軸に、軸受寿命値としたパラメトリック表示を行うようにしてもよく、また、これに基づいて最適と考える軸受名番、また、ユーザーに最適な使用条件をパ

ラメトリックに図や表にて提示するようにしてもよい。

【0033】

なおさらに、請求項10に係る転がり軸受の寿命予測装置を使用した転がり軸受選定装置は、ユーザーが所望とする軸受種別を入力する軸受種別入力手段と、転がり軸受の前記基本動定格荷重C及び基本静定格荷重C₀を含む必要諸元情報からユーザーが要求する要求諸元情報以外の必要諸元情報を入力する諸元情報入力手段と、該諸元情報入力手段で入力された要求諸元情報と前記必要諸元情報を比較して、入力されていない諸元情報を仮定する諸元情報仮定手段と、前記諸元情報入力手段で入力された諸元情報及び諸元情報仮定手段で仮定された諸元情報に基づいて軸受寿命予測演算を行う前記請求項4に係る転がり軸受の寿命予測装置と、該寿命予測装置の演算結果が前記諸元情報入力手段で入力された諸元情報を満足するか否かを判定する判定手段と、該判定手段の判定結果が演算結果が諸元情報を満足するときに諸元情報仮定手段で設定した諸元情報を提示する諸元情報提示手段と、前記判定手段の判定結果が演算結果が諸元情報を満足しないものであるときに前記諸元情報仮定手段で仮定した諸元情報を変更して前記転がり軸受寿命予測装置で再演算させる再演算手段とを備えていることを特徴としている。

【0034】

この請求項10に係る発明では、軸受種別入力手段で、玉軸受、ころ軸受、ラジアル軸受、スラスト軸受等の軸受タイプを入力し、諸元情報入力手段で、ユーザーが最適軸受、最適運転条件、寿命予測時間の何れか1つを知りたいときには、残りの2つの要求諸元情報を入力すると、諸元情報仮定手段で、知りたい最適軸受、最適運転条件、寿命予測時間の何れか1つを仮定し、これら要求諸元情報及び仮定情報に基づいて請求項5に係る予測寿命演算を行う。例えば、最適運転条件を知りたいときには、使用したい軸受名及び要求寿命時間を入力すると、運転条件として、軸受に作用する荷重、軸受回転数、運転温度、潤滑剤の種類、軸受の汚染度、軸受材料の種類を夫々仮定し、寿命予測演算を行い、寿命予測時間が要求寿命時間を満足しないときには諸元情報仮定手段で仮定した諸元情報を変更しながら寿命予測演算を行い、要求寿命時間を満足する寿命予測演算が行われ

たときに、そのときの運転条件を最適運転条件として諸元情報提示手段で提示する。

【0035】

また、請求項11に係る転がり軸受選定装置は、請求項10に係る発明において、前記諸元情報入力手段、諸元情報仮定手段、転がり軸受の寿命予測装置、判定手段、諸元情報提示手段及び再演算手段は、インターネットを介してアクセス可能に構成されていることを特徴としている。

この請求項11に係る発明では、ユーザーがインターネットを介して諸元情報入力手段、諸元情報仮定手段、転がり軸受の寿命予測装置、判定手段、諸元情報提示手段及び再演算手段にアクセスすることにより、ユーザーの所有する情報端末で、最適軸受、最適運転条件、寿命予測時間の何れかを容易に選定することができる。

【0036】

さらに、請求項12に係る転がり軸受選定装置は、請求項11に係る発明において、インターネットを介してユーザー登録を受付けるユーザー登録受付手段を有し、該ユーザー登録受付手段で登録されたユーザーのみがインターネットを介して前記諸元情報入力手段、諸元情報仮定手段、転がり軸受の寿命予測装置、判定手段、諸元情報提示手段及び再演算手段にアクセス可能に構成されていることを特徴としている。

【0037】

この請求項12に係る発明では、ユーザー登録受付手段でユーザー登録したユーザーのみがインターネットを介して最適軸受、最適運転条件、寿命予測時間の何れかを選定することができるので、ユーザー登録受付手段で、ユーザー情報を取得することができる。

さらにより、請求項13に係る転がり軸受選定装置は、請求項10又は11に係る発明において、前記諸元情報入力手段、諸元情報仮定手段、転がり軸受の寿命予測装置、判定手段、諸元情報提示手段及び再演算手段で扱う言語を選択可能に構成されていることを特徴としている。

【0038】

この請求項13に係る発明では、諸元情報入力手段、諸元情報仮定手段、転がり軸受の寿命予測装置、判定手段、諸元情報提示手段及び再演算手段で扱う言語が選択可能であるので、日本語、英語、独語、仏語等の任意の言語を選択することにより、ユーザーの所望とする言語を使用して転がり軸受の選定を行うことができる。

【0039】

なおさらに、請求項14に係る転がり軸受選定装置は、請求項10乃至13の何れかの発明において、前記諸元情報提示手段は、転がり軸受の寿命予測提示、最適軸受の提示、最適使用条件の提示の何れかを行うように構成されていることを特徴としている。

この請求項14に係る発明では、ユーザーが所望とする転がり軸受の寿命時間、最適軸受、最適使用条件の何れかを的確に提示することができる。

【0040】

また、請求項15に係る転がり軸受選定装置は、請求項10乃至13の何れかの発明において、前記諸元情報提示手段は、転がり軸受の寿命予測提示、最適軸受の提示、最適使用条件の提示の何れかをパラメータを変更可能な画像情報として提示するようにしたことを特徴としている。

この請求項15に係る発明では、例えば軸受の使用条件を提示する場合に、横軸に汚染度係数を、縦軸に寿命予測値を表すグラフや表等でパラメータとなる汚染度を変更した場合の寿命予測値を表示することが可能となり、最適軸受、最適運転条件、寿命時間予測値の限界値を容易に視認することができる。

【0041】

さらに、請求項16に係る転がり軸受選定装置は、請求項15に係る発明において、前記画像情報は一方の軸を寿命予測値とし、他方の軸を軸受サイズ、軸受荷重、回転速度、潤滑材の種類、汚染度、使用温度、材料の種類、信頼度係数等から選択した1つとしたグラフで表示されることを特徴としている。

この請求項16に係る発明では、縦軸と横軸とに表される寿命予測値と、他の条件とがグラフで表されることから、より容易に限界値を視認することができる。

【0042】

さらにまた、請求項17に係る転がり軸受選定装置は、請求項10乃至16の何れかに係る発明において、前記諸元情報提示手段で提示した諸元情報に基づく転がり軸受の納期及び見積もり金額の少なくとも一方を提示する納品情報提示手段を備えていることを特徴としている。

この請求項17に係る発明では、諸元情報提示手段で、最適軸受、最適運転条件、寿命予測時間の提示をしたときに、該当する軸受の納期、見積もり金額を提示することができ、ユーザーが納期や見積もり金額の提示を改めて要求する必要がない。

【0043】

なおさらに、請求項18に係る記憶媒体は、基本動定格荷重C及び基本静定格荷重 C_0 が計算可能な仕様とされた転がり軸受の寿命予測を行う寿命予測プログラムを格納した記憶媒体であって、前記転がり軸受の前記基本動定格荷重C及び基本静定格荷重 C_0 を含む諸元情報を入力するステップと、該諸元情報入力手段で入力された諸元情報に基づいて動等価荷重を演算するステップと、信頼度係数を設定するステップと、前記諸元情報に基づいて潤滑パラメータを演算するステップと、汚染度を設定するステップと、疲労限度荷重を演算するステップと、前記基本動荷重、動等価荷重、疲労限度荷重及び汚染度に基づいて荷重パラメータを決定するステップと、前記潤滑パラメータ及び荷重パラメータに基づいて寿命補正係数を設定するステップと、前記信頼度係数、寿命補正係数、基本動定格荷重、動等価荷重及び荷重指数に基づいて軸受寿命を演算するステップを実行する寿命予測プログラムを格納している。

【0044】

また、請求項19に係る記憶媒体は、基本動定格荷重C及び基本静定格荷重 C_0 が計算可能な仕様とされた転がり軸受の寿命予測を行う寿命予測プログラムを格納した記憶媒体であって、前記転がり軸受の前記基本動定格荷重C及び基本静定格荷重 C_0 を含む諸元情報を入力するステップと、該諸元情報入力手段で入力された諸元情報に基づいて動等価荷重を演算するステップと、信頼度係数を設定するステップと、前記諸元情報に基づいて潤滑パラメータを演算するステップと

、汚染度を設定するステップと、疲労限度荷重を演算するステップと、前記基本動荷重、動等価荷重、疲労限度荷重及び汚染度に基づいて荷重パラメータを決定するステップと、前記潤滑パラメータ及び荷重パラメータに基づいて寿命補正係数を設定するステップと、前記信頼度係数、寿命補正係数、基本動定格荷重、動等価荷重及び荷重指数に基づいて軸受寿命を演算するステップと、該軸受寿命の演算結果が所望寿命に該当しないときに当該所望寿命を一致させる再演算が必要であるか否かを判定するステップとを実行する寿命予測プログラムを格納している。

【0045】

さらに、請求項20に係る記憶媒体は、ユーザーが要求する仕様に応じた転がり軸受を選定する軸受選定プログラムを格納した記憶媒体であって、ユーザーが所望とする軸受種別を入力するステップと、転がり軸受の前記基本動定格荷重C及び基本静定格荷重 C_0 を含む必要諸元情報からユーザーが要求する要求諸元情報以外の必要諸元情報を入力するステップと、前記要求諸元情報と前記必要諸元情報とを比較して、入力されていない諸元情報を仮定するステップと、前記要求諸元情報及びこれ以外の仮定した諸元情報に基づいて請求項18に係る寿命予測プログラムを使用して寿命予測を行うステップと、寿命予測結果が前記要求諸元情報を満足するか否かを判定するステップと、寿命予測結果が前記要求諸元情報を満足するときに仮定した諸元情報を軸受選定情報として提示するステップと、寿命予測結果が前記要求諸元情報を満足しないものであるときに前記仮定した諸元情報を変更して前記寿命予測プログラムで再演算するステップとを実行する軸受選定プログラムを格納している。

【0046】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態の一例を図面を伴って説明する。

図1は本発明の第1の実施形態を示す概略構成図であって、図中、1はパソコン用コンピュータであって、コンピュータ本体2と、これに接続された液晶又はCRTで構成されるディスプレイ3、キーボード4及びマウス5と、コンピュータ本体2に接続されたプリンタ6とを備えている。

【0047】

そして、コンピュータ本体2の内部回路は、図2に示すように、中央演算処理装置11と、この中央演算処理装置11にシステムバス12を介して接続されたROM, RAM等の記憶装置13と、ディスプレイ3をシステムバス12に接続するディスプレイコントローラ14と、キーボード4をシステムバス12に接続するキーボードインターフェース15と、マウス5をシステムバス12に接続するマウスインターフェース16と、プリンタ6をシステムバス12に接続する入出力インターフェース17と、システムバス12にハードディスクコントローラ18を介して接続されたハードディスク19とを備えている。

【0048】

ここで、ハードディスク19には、オペレーティングシステムが格納されると共に、転がり軸受の寿命予測を行う寿命予測アプリケーションソフト及び転がり軸受の諸元情報を格納した電子カタログが格納されている。

ここで、電子カタログは、図7に示すように、軸受種別、呼び番号、主要寸法、基本動定格荷重C、基本静定格荷重 C_0 、係数 f_0 、許容回転数、ラジアル荷重係数X、スラスト荷重係数Y等の諸元情報を格納されている。

【0049】

また、寿命予測アプリケーションソフトは、表計算アプリケーションソフトを利用して、入力された諸元情報に基づいて所定の演算を行って、転がり軸受の寿命予測処理を行う。

この寿命予測処理は、図3に示すように、先ず、ステップS1で、初期メニュー画面を表示する。

【0050】

この初期メニュー画面は、図4に示すように、アプリケーションソフトに格納されている機能を選択可能に表示するものであり、軸受の選定選択領域A1、新寿命計算式選択領域A2、潤滑パラメータ κ の計算選択領域A3、等価荷重の計算選択領域A4、軸受寿命計算式（従来式）選択領域A5、推奨材料選択領域A6、推奨潤滑剤選択領域A7及び商品紹介選択領域A8と終了ボタン21とが表示される。

【0051】

次いで、ステップS2に移行して、軸受の選定選択領域A1がマウス5又はキーボード4によって選択されたか否かを判定し、これが選択されたときにはステップS2aに移行して、後述する軸受選択処理を実行してから処理を終了し、軸受の選定選択領域A1が選択されていないときにはステップS3に移行する。

このステップS3では、新寿命計算式選択領域A2が選択されているか否かを判定し、これが選択されているときにはステップS3aに移行して、後述する新寿命計算処理を実行してから処理を終了し、新寿命計算式選択領域A2が選択されていないときにはステップS4に移行する。

【0052】

このステップS4では、潤滑パラメータ計算選択領域A3がマウス5又はキーボード4によって選択されているか否かを判定し、これが選択されているときにはステップS4aに移行して、後述する潤滑パラメータ計算処理を実行してから処理を終了し、潤滑パラメータ計算選択領域A3が選択されていないときにはステップS5に移行する。

【0053】

このステップS5では、等価荷重の計算選択領域A4がマウス5又はキーボード4によって選択されているか否かを判定し、これが選択されているときにはステップS5aに移行して、後述する等価荷重計算処理を実行してから処理を終了し、等価荷重の計算選択領域A4が選択されていないときにはステップS6に移行する。

【0054】

このステップS6では、軸受寿命計算式（従来式）選択領域A5がマウス5又はキーボード4によって選択されているか否かを判定し、これが選択されているときにはステップS6aに移行して、前述した（1）式に従って従来式の軸受寿命 L_{10} を算出してから処理を終了し、軸受寿命計算式（従来式）選択領域A5が選択されていないときにはステップS7に移行する。

【0055】

このステップS7では、推奨材料選択領域A6がマウス5又はキーボード4に

よって選択されているか否かを判定し、これが選択されているときにはステップS 7 aに移行して、予めハードディスク19に格納された推奨材料選択リストをディスプレイ3に表示して、この選択リストから軸受の推奨材料を選択する推奨材料選択処理を実行してから処理を終了、推奨材料選択領域A 6が選択されていないときにはステップS 8に移行する。

【0056】

このステップS 8では、推奨潤滑剤選択領域A 7がマウス5又はキーボード4によって選択されているか否かを判定し、これが選択されているときにはステップS 8 aに移行して、予めハードディスク19に格納された推奨潤滑剤選択リストをディスプレイ3に表示して、この選択リストから軸受に使用する潤滑剤を選択する潤滑剤選択処理を実行してから処理を終了し、推奨潤滑剤選択領域A 7が選択されていないときにはステップS 9に移行する。

【0057】

このステップS 9では、商品紹介選択領域A 8がマウス5又はキーボード4によって選択されているか否かを判定し、これが選択されているときには、ステップS 9 aに移行して、予めハードディスク19に格納されている商品紹介情報をディスプレイ3に表示する商品紹介処理を実行してから処理を終了し、商品紹介選択領域A 8が選択されていないときにはステップS 10に移行する。

【0058】

このステップS 10では、終了ボタン21がマウス5又はキーボード4によって選択されているか否かを判定し、終了ボタン21が選択されたときにはそのまま寿命予測処理を終了し、終了ボタン21が選択されていないときには前記ステップS 2に戻る。

ステップS 2 aの軸受選択処理は、図5に示すように、先ず、ステップS 11で図6に示す軸受の選定画面をディスプレイ3に表示する。

【0059】

この選択画面は、図6に示すように、軸受テーブルから検索する検索領域22と呼び番号から検索する検索領域23と、入力された転がり軸受の諸元情報を表示するメニューボタン24及び終了ボタン25とが表示されている。検索領域2

2には、内径d、外径D及び幅（高さ）B（T）の最小値及び最大値を入力するテキスト入力領域22a～22cと、軸受種別を選択する深溝玉軸受選択ボタン22d、アンギュラ玉軸受選択ボタン22e、自動調心玉軸受選択ボタン22f、単式スラスト玉軸受選択ボタン22g、円筒ころ軸受選択ボタン22h、円すいころ軸受選択ボタン22i、自動調心ころ軸受選択ボタン22j、スラストころ軸受選択ボタン22kとが表示される。また、検索領域23には、呼び番号を入力するテキスト入力ボックス23aと、呼び番号一覧を表示する参照ボタン23bとが表示される。

【0060】

次いで、ステップS12に移行して、軸受テーブルから検索する場合の内径d、外径D及び幅（高さ）B（T）の入力が完了し且つ軸受形式の選択が終了しているか又は呼び番号から検索する場合の呼び番号の入力が終了しているかを判定し、これらの何れかが終了していないときには入力が終了するまで待機し、入力が終了したときにはステップS13に移行して、軸受テーブルからの検索であるか否かを判定し、軸受テーブルからの検索である場合にはステップS14に移行して、内径d、外径D及び幅（高さ）B（T）及び軸受形式に基づいて電子カタログを検索して該当する諸元情報を表示する図7に示す軸受テーブル画面を表示してからステップS16に移行し、呼び番号から検索が選択されている場合にはステップS15に移行して、テキスト入力ボックス23aに入力された呼び番号に基づいて電子カタログを検索して該当する諸元情報を表示する図7に示す軸受テーブル画面を表示してからステップS16に移行する。

【0061】

ここで、軸受テーブル画面は、図7に示すように、電子カタログの該当する諸元情報を表示する諸元情報表示領域31と、従来式寿命計算ボタン32、本発明による新寿命計算ボタン33、動等価荷重計算ボタン34、戻るボタン35、メニューボタン36及び終了ボタン37とが表示される。

ステップS16では、所望の呼び番号を選択した後に従来式寿命計算ボタン32が選択されたか否かを判定し、従来式寿命計算ボタン32が選択されたときには、ステップS16aに移行して、前述した（1）式の演算を行って基本定格寿

命 L_{10} を算出する従来式寿命算出処理を行ってから処理を終了し、従来式寿命計算ボタン 3 2 が選択されていないときにはステップ S 1 7 に移行する。

【0062】

このステップ S 1 7 では、所望の呼び番号を選択した後に新寿命計算ボタン 3 3 が選択されたか否かを判定し、新寿命計算ボタン 3 3 が選択されたときにはステップ S 1 7 b に移行して、後述する新寿命計算処理を行ってから処理を終了し、新寿命計算ボタン 3 3 が選択されていないときにはステップ S 1 8 に移行する。

【0063】

このステップ S 1 8 では、所望の呼び番号を選択した後に動等価荷重計算ボタン 3 4 が選択されたか否かを判定し、動等価荷重計算ボタン 3 4 が選択されたときにはステップ S 1 8 a に移行して、後述する動等価荷重計算処理を行ってから処理を終了し、動等価荷重計算ボタン 3 4 が選択されていないときにはステップ S 1 9 に移行する。

【0064】

このステップ S 1 9 では、メニューボタン 3 6 が選択されているか否かを判定し、メニューボタン 3 6 が選択されているときにはステップ S 1 9 a に移行して、図 3 の初期メニュー表示処理を起動してから処理を終了し、メニューボタン 3 6 が選択されていないときには、ステップ S 2 0 に移行する。

このステップ S 2 0 では、終了ボタン 3 7 が選択されているか否かを判定し、これが選択されているときにはそのまま寿命計算処理を終了し、終了ボタン 3 7 が選択されていないときにはステップ S 2 1 に移行して、戻るボタン 3 5 が選択されているか否かを判定し、これが選択されているときには前記ステップ S 1 1 に戻り、戻るボタン 3 5 が選択されていないときには前記ステップ S 1 6 に戻る。

【0065】

前記ステップ S 3 a 及び S 1 7 a の新寿命計算処理は、図 8 に示すように、先ず、ステップ S 3 1 で、図 9 に示す新寿命計算画面を表示する。

この新寿命計算画面は、所定項目を表示する表示領域 4 1 と、この表示領域 4

1の下側に配設された計算実行ボタン42、読み込みボタン43、保存ボタン44、初期化ボタン45、戻るボタン46、メニューボタン47とが設けられている。

【0066】

ここで、表示領域41には、表題部に前記(7)式の寿命計算式を表示すると共に、軸受タイプを選択するコンボボックス51、呼び番号を入力するテキストボックス52、軸受動定格荷重Cを入力するテキストボックス53、軸受静定格荷重 C_0 を入力するテキストボックス54、軸受内径dを入力するテキストボックス55、軸受外径Dを入力するテキストボックス56、軸受動等価荷重Pを表示するテキストボックス57、荷重係数 f_W を入力するテキストボックス58、信頼度係数 a_1 を選択するコンボボックス59、動等価荷重の計算を指示する動等価荷重計算ボタン60、回転数を入力するテキストボックス61、潤滑剤を選択するコンボボックス62、運転粘度 ν を表示するテキストボックス63、運転粘度の計算を指示する運転粘度計算ボタン64、汚染度係数 a_C を選択するコンボボックス65、汚染度係数 a_C を表示するテキストボックス66、軸受材料仕様を選択するコンボボックス67及び疲労限度荷重 P_u の特別入力の有無を選択するセレクトボタン68を備えている。そして、荷重係数 f_W のテキストボックス58には“1.0”が、信頼度係数 a_1 のコンボボックス59には“90”が、汚染度係数 a_C のコンボボックス65には“普通($a_C = 0.5$)”が、汚染度係数 a_C のテキストボックス66には“0.5”が、軸受材料仕様のコンボボックス67には“高炭素クロム軸受鋼(SUJ2Z, SUJ3Z)”がデフォルト値として表示されている。

【0067】

次いで、ステップS32に移行して、読み込みボタン43が選択されているか否かを判定し、これが選択されていないときには直接ステップS38に移行し、読み込みボタン43が選択されているときにはステップS33に移行して、コンボボックス51、テキストボックス52の順に図7の軸受テーブルで選択された呼び番号の転がり軸受の諸元情報が順次表示され、テキストボックス56に軸受外径Dを表示すると、ステップS34に移行して、図10に示す荷重定数の定義

文を表示した表示領域61及び閉じるボタン62を有する荷重係数の定義画面を表示し、次いでステップS35に移行して、閉じるボタン62が選択されたか否かを判定し、これが選択されていないときには選択されるまで待機し、選択されたときにはステップS36に移行する。

【0068】

このステップS36では、図11に示す信頼度係数についての文を表示した表示領域63及び閉じるボタン64を有する信頼度係数説明画面を表示してからステップS37に移行し、閉じるボタン64が選択されたか否かを判定し、これが選択されていないときには選択されるまで待機し、閉じるボタン64が選択されたときにはステップS38に移行する。

【0069】

このステップS38では、動等価荷重計算ボタン60が選択されたか否かを判定し、これが選択されたときにはステップS39に移行して、後述する動等価荷重計算処理を行ってからステップS42に移行し、動等価荷重計算ボタン60が選択されていないときにはステップS40に移行して、運転粘度計算ボタン64が選択されているか否かを判定し、運転粘度計算ボタン64が選択されているときにはステップS41に移行して、後述する運転粘度計算処理を実行してからステップS42に移行する。

【0070】

このステップS42では、計算実行ボタン42が選択されているか否かを判定し、計算実行ボタン42が選択されているときには、ステップS43に移行して、動等価荷重P及び必要運転粘度vの算出が終了しているか否かを判定し、これらが終了していないときにはステップS44に移行して、動等価荷重P及び運転粘度vの算出を先に完了させることを促すメッセージ情報を表示してから前記ステップS38に戻り、動等価荷重P及び運転粘度vの算出が終了しているときにはステップS45に移行して、前述した(7)式の演算を行って転がり軸受寿命LAを算出する寿命算出処理を行ってから処理を終了し、ステップS42の判定結果が計算実行ボタン42が選択されていないときには、ステップS46に移行して、保存ボタン44が選択されているか否かを判定し、保存ボタン44が選択

されているときにはステップS47に移行して、この時点で各ボックス51～59、61～63及び65～67に表示されているデータを保存してから前記ステップS42に戻り、保存ボタン44が選択されていないときには、ステップS48に移行する。

【0071】

このステップS48では、初期化ボタン45が選択されているか否かを判定し、初期化ボタン45が選択されているときにはステップS49に移行して、表示されているデータを消去してから前記ステップS32に戻り、初期化ボタン45が選択されていないときにはステップS50に移行して、戻るボタン46が選択されているか否かを判定し、戻るボタン46が選択されているときには前記図5の軸受選択処理におけるステップS13に戻り、戻るボタン46が選択されていないときにはステップS51に移行して、メニューボタン47が選択されたか否かを判定し、メニューボタン47が選択されたときにはステップS52に移行して、図3の初期メニュー表示処理を起動してから処理を終了し、メニューボタン47が選択されていないときには前記ステップS38に戻る。

【0072】

前記ステップS5a、S18aの動等価荷重算出処理は、図12に示すように、先ず、ステップS51で、図13に示す動等価荷重計算画面を表示する。

この動等価荷重計算画面は、所定項目を表示する表示領域71と、この表示領域71の下側に表示された計算実行ボタン72、結果反映ボタン73、戻るボタン74及びメニューボタン75とを備えている。

【0073】

表示領域71には、軸受タイプを選択表示するコンボボックス76、呼び番号を表示するテキストボックス77、使用条件のラジアル荷重Frを入力するテキストボックス78、アキシャル荷重Faを入力するテキストボックス79、回転数を入力するテキストボックス80、使用条件比率を入力するテキストボックス81、追加入力ボタン82、動等価荷重Pを表示するテキストボックス83及び平均回転数Nを表示するテキストボックス84を備えている。

【0074】

次いで、ステップS62に移行して、計算実行ボタン72が選択されたか否かを判定し、計算実行ボタン72が選択されたときには、ステップS63に移行して、テキストボックス78及び79に入力されたラジアル荷重Fr及びアキシャル荷重Faと、諸元情報で設定されたラジアル係数X及びアキシャル係数Yと、図9の新寿命計算画面で設定した荷重係数fWとに基づいて下記(9)式の演算を行って動等価荷重Pを算出し、算出した動等価荷重Pをテキストボックス83に表示してからステップS64に移行する。

【0075】

$$P = f_W (X \cdot F_r + Y \cdot F_a) \quad \dots \dots \dots \quad (9)$$

このステップS64では、結果反映ボタン73が選択されているか否かを判定し、結果反映ボタン73が選択されたときには、ステップS65に移行して、算出した動等価荷重Pを図9の新寿命計算式画面における動等価荷重のテキストボックス57に反映してからステップS66に移行して、図13の動等価荷重計算画面を閉じて、図9の新寿命計算画面をアクティブ状態としてから処理を終了する。

【0076】

また、ステップS62で計算実行ボタン72が選択されていないとき及びステップS64で結果反映ボタン73が選択されていないときにはステップS67に移行して、戻るボタン74が選択されているか否かを判定し、戻るボタン74が選択されたときには前記ステップS66に移行して、前記図9の新寿命計算画面を再表示してから処理を終了し、戻るボタン74が選択されていないときにはステップS68に移行して、メニューボタン75が選択されているか否かを判定し、メニューボタン75が選択されているときにはS69に移行して前記図3の初期メニュー表示処理を起動してから処理を終了し、メニューボタン75が選択されていないときには前記ステップS62に戻る。

【0077】

さらに、前記ステップS41の運転粘度計算処理は、図14に示すように、先ず、ステップS71で、図15に示す潤滑パラメータ計算画面を表示する。

この潤滑パラメータ計算画面は、所定項目を表示する表示領域81と、この表

示領域81の下側に配設した運転粘度の計算ボタン82、必要粘度の計算ボタン83、計算結果反映ボタン84、キャンセルボタン85及びメニューボタン86とが表示される。

【0078】

ここで、表示領域81には、潤滑剤を選択表示するコンボボックス87、40°Cの時の潤滑油粘度を表示するテキストボックス88、100°Cの時の潤滑油粘度を表示するテキストボックス89、運転温度を入力するテキストボックス90、運転粘度 ν を入力するテキストボックス91を有する運転粘度設定領域92と、ピッチ円直径 d_m を表示するテキストボックス93、軸受回転数Nを入力するテキストボックス94、必要粘度 ν_1 を表示するテキストボックス95、軸受性能係数Aを入力するテキストボックス96、必要粘度 ν_1' を表示するテキストボックス97、潤滑パラメータ κ を表示するテキストボックス98を有する必要粘度設定領域99とを備えている。

【0079】

次いで、ステップS72に移行して、運転粘度計算ボタン82が選択されているか否かを判定し、運転粘度計算ボタン82が選択されているときにはステップS73に移行して、入力された運転温度と40°Cの時の潤滑油粘度及び100°Cの時の潤滑油粘度とから運転粘度 ν を算出し、算出した運転粘度 ν をテキストボックス91に表示してからステップS74に移行し、運転粘度計算ボタン82が選択されていないときには直接ステップS74に移行する。

【0080】

ステップS74では、必要粘度計算ボタン83が選択されているか否かを判定し、必要粘度計算ボタン83が選択されているときには、ステップS75に移行して、図16に示す潤滑パラメータの説明画面を表示する。

この潤滑パラメータの説明画面では、潤滑パラメータとして粘度比 κ ($= \nu / \nu_1'$) を算出することと、運転温度における必要粘度 ν_1 に軸受性能係数Aを乗じて補正必要粘度 ν_1' を算出することとが表示領域110に記載されていると共に、表示領域110の下側に閉じるボタン111が表示されている。ここで、軸受性能係数Aについては通常は $A = 1.0$ に設定するが、軸受性能（真円度

、粗さなど)が良好な場合はA<1.0と設定する。

【0081】

次いで、ステップS76に移行して、閉じるボタン111が選択されているか否かを判定し、閉じるボタン111が選択されていないときにはこれが選択されるまで待機し、閉じるボタン111が選択されたときにはステップS77に移行する。

このステップS77では、必要粘度 ν_1 を算出するために必要なピッチ円直径d m、軸受回転数N、軸受性能係数A及び運転粘度 ν が入力されているか否かを判定し、これが入力されていないときにはステップS78に移行して、入力されていないピッチ円直径d m、軸受回転数、軸受性能係数AN及び/又は運転粘度 ν の入力を促すメッセージ情報を表示してから前記ステップS77に戻り、ピッチ円直径d m、軸受回転数N、軸受性能係数A及び運転粘度 ν が入力されているときには直接ステップS79に移行する。

【0082】

このステップS79では、軸受回転数Nが 1000 min^{-1} 以下であるか否かを判定し、 $N \leq 1000\text{ min}^{-1}$ であるときには、ステップS80に移行して、係数Kを下記(10)式に基づいて算出してからステップS82に移行する。

$$K = (1000/N)^{1/3} \quad \dots \quad (10)$$

また、ステップS79の判定結果が $N > 1000\text{ min}^{-1}$ であるときにはステップS81に移行して、係数Kを“1”に設定してからステップS82に移行する。

【0083】

ステップS82では、下記(11)式の演算を行って必要粘度 ν_1 を算出すると共に、算出した必要粘度 ν_1 をテキストボックス95に表示する。

$$\nu_1 = K \cdot 4500 / \sqrt{(N \cdot d m)} \quad \dots \quad (11)$$

次いで、ステップS83に移行して、下記(12)式に従って補正必要粘度 ν_1' を算出し、算出した補正必要粘度 ν_1' をテキストボックス97に表示してからステップS84に移行する。

【0084】

$$\nu_1' = A \cdot \nu_1 \quad \dots \quad (12)$$

次いで、ステップS84に移行して、下記(13)式に基づいて粘度比でなる潤滑パラメータ κ を算出すると共に、算出した潤滑パラメータ κ をテキストボックス98に表示してから処理を終了する。

$$\kappa = \nu / \nu_1' \quad \dots \quad (13)$$

また、前記ステップS74の判定結果が必要粘度計算ボタン83が選択されていないものであるときには、ステップS85に移行して、計算結果反映ボタン84が選択されているか否かを判定し、計算結果反映ボタン84が選択されたときにはステップS86に移行して、潤滑パラメータ κ の演算が終了しているか否かを判定し、潤滑パラメータ κ の演算が終了していないときにはステップS87に移行して、潤滑パラメータ κ の演算を促すメッセージ情報を表示してから前記ステップS85に戻り、潤滑パラメータ κ の演算が終了しているときにはステップS88に移行して、潤滑パラメータ κ を新寿命計算画面に反映させてから処理を終了する。

【0085】

さらに、ステップS85の判定結果が計算結果反映ボタン84が選択されていないものであるときには、ステップS89に移行して、キャンセルボタン89が選択されているか否かを判定し、キャンセルボタン89が選択されているときには、ステップS90に移行して、テキストボックス88~98のうち選択されたテキストボックスのデータを消去してからステップS91に移行し、キャンセルボタン89が選択されていないときには直接ステップS91に移行する。

【0086】

このステップS91では、メニューボタン90が選択されているか否かを判定し、メニューボタン90が選択されているときにはステップS92に移行して、前述した図3の初期メニュー表示処理を起動してから処理を終了する。

さらに、図7の新寿命計算処理におけるステップS45の軸受寿命算出処理は、図17及び図18に示すように、先ず、ステップS101で、図9に示す新寿命計算画面を表示し、次いでステップS92に移行して、図19に示す汚染度係数定義画面を表示する。この汚染度係数定義画面は、下記表2に示す使用環境に

応じた材料係数を考慮して汚染度係数 a_c を決定する表を表示する表示領域 121 と、この表示領域 121 の下側に配設された閉じるボタン 122 とが表示されている。

【0087】

【表2】

	極めて清浄	清浄	普通	汚染	重汚染
a_c	1	0.8	0.5	0.4 ~ 0.1	0.05
適用の目安	10 μm 未満 フィルタ-管理	10~30 μm フィルタ-管理	30~100 μm フィルタ-管理	100 μm を越える フィルタ-又はフィルタ-管理なし (油浴、環給油タイ等)	フィルタ-無し 多量の粉塵混入
アプリケーション例	電機情報用密封クリ-入軸受等	電動機用密封クリ-入軸受 鉄道車両用密封クリ-入軸受 工作機械用密封クリ-入軸受等	通常使用 オ-プンタイプクリ-入軸受等	自動車トランミッショ-用 自動車ハブ用 減速機用 土木建設機械用等	

【0088】

次いで、ステップ S103 に移行して、閉じるボタン 122 が選択されているか否かを判定し、閉じるボタン 122 が選択されていないときには閉じるボタン 122 が選択されるまで待機し、閉じるボタン 122 が選択されたときにはステップ S104 に移行して、転動体径 D_a 、軸受列数 i 、転動体荷重 Q 、軸受接触角 α 、物体 1 の主曲率 ρ_{11} 、 ρ_{12} 、ころ接触長さ L_{We} 、物体 2 の主曲率 ρ_{21} 、 ρ_{22} を読み込み、次いでステップ S105 に移行して、軸受形式が玉軸受であるかころ軸受であるかを判定し、ころ軸受であるときにはステップ S106 に移行して、物体 1 の主曲率 $\rho_{11} = \rho_{21} = 0$ に設定してからステップ S107 に移行し、玉軸受であるときにはそのままステップ S107 に移行する。

【0089】

このステップ S107 では、下記 (14) 式によって主曲率の和 $\Sigma \rho$ を算出すると共に、下記 (15) 式によって $\cos \tau$ を算出する。

$$\Sigma \rho = \rho_{11} + \rho_{12} + \rho_{21} + \rho_{22} \quad \dots \dots \dots \quad (14)$$

$$\cos \tau = (|\rho_{11} - \rho_{12} + \rho_{21} - \rho_{22}|) / \Sigma \rho \quad \dots \dots \dots \quad (15)$$

次いで、ステップS108に移行して、算出した $\cos \tau$ に基づいて予め記憶された記憶テーブルを参照して、摩擦係数 μ 及び粘度 ν を算出し、次いでステップS109に移行して、軸受形式が玉軸受であるかころ軸受であるかを判定し、玉軸受であるときにはステップS110に移行して、下記(16)式の演算を行って疲労限度荷重 P_u を演算してからステップS112に移行する。

【0090】

$$P_u = (Z/5) \{ \mu \cdot \nu \cdot P_{\max} / A \cdot (\Sigma \rho)^{2/3} \} \quad \dots \dots \dots \quad (16)$$

但し、 $P_{\max} = 1.5 \text{ GPa}$ 、 $A = 858 \text{ N}$ である。

また、ステップS109の判定結果がころ軸受であるとにはステップS111に移行して、下記(17)式の演算を行って疲労限と荷重 P_u を演算してからステップS112に移行する。

【0091】

$$P_u = (i \cdot Z \cos \alpha / 4.6) (P_{\max} / A_1) (L_{We} / \Sigma \rho)^{1/2} \quad \dots \dots \dots \quad (17)$$

但し、 $P_{\max} = 1.5 \text{ GPa}$ 、 $A_1 = 191 \text{ N}$ である。

ステップS112では、 $(P - P_u) / C$ の値を演算し、次いでステップS113に移行して、 $(P - P_u) / C$ が $0.05 \leq (P - P_u) / C \leq 1.0$ であるか否かを判定し、 $(P - P_u) / C < 0.05$ であるときにはステップS114に移行して、 $(P - P_u) / C = 0.05$ に設定してからステップS116に移行し、 $0.05 \leq (P - P_u) / C \leq 1.0$ であるときにはそのままステップS116に移行し、 $(P - P_u) / C > 1.0$ であるときにはステップS115に移行して、 $(P - P_u) / C = 1.0$ に設定してからステップS116に移行する。

【0092】

このステップS116では、 $(P - P_u) / C$ に $1/a_C$ を乗算して荷重パラメータ $\{(P - P_u) / C\} \cdot 1/a_C$ を算出し、次いで図18のステップS117に移行して算出した荷重パラメータ $\{(P - P_u) / C\} \cdot 1/a_C$ が $0.05 \leq \{(P - P_u) / C\} \cdot 1/a_C \leq 1.0$ であるか否かを判定し、 $\{(P -$

$(P_u) / C} \cdot 1 / a_C < 0.05$ であるときにはステップ S118 に移行して、荷重パラメータ $\{(P - P_u) / C\} \cdot 1 / a_C = 0.05$ に設定してからステップ S120 に移行し、 $0.05 \leq \{(P - P_u) / C\} \cdot 1 / a_C \leq 1.0$ であるときにはそのままステップ S120 に移行し、 $\{(P - P_u) / C\} \cdot 1 / a_C > 1.0$ であるときにはステップ S119 に移行して、荷重パラメータ $\{(P - P_u) / C\} \cdot 1 / a_C = 1.0$ に設定してからステップ S120 に移行する。

【0093】

ステップ S120 では、潤滑パラメータ κ が $0.1 \leq \kappa \leq 4$ であるか否かを判定し、 $\kappa < 0.1$ であるときにはステップ S121 に移行して、 $\kappa = 0.1$ に設定してからステップ S123 に移行し、 $\kappa > 4$ であるときにはステップ S122 に移行して、 $\kappa = 4$ に選定してからステップ S123 に移行し、 $0.1 \leq \kappa \leq 4$ であるときには直接ステップ S123 に移行する。

【0094】

なお、汚染度係数 $a_C = 0.05$ とした場合、荷重パラメータ $\{(P - P_u) / C\} \cdot 1 / a_C$ に関わらず、寿命補正係数 a_{NSK} は 0.1 に設定される。

ステップ S123 では、潤滑パラメータ κ 及び荷重パラメータ $\{(P - P_u) / C\} \cdot 1 / a_C$ をもとに図 20 に示す寿命補正係数算出用マップを参照して寿命補正係数 a_{NSK} を算出する。

【0095】

ここで、図 20 の寿命補正係数算出用マップは、横軸に荷重パラメータ $\{(P - P_u) / C\} \cdot 1 / a_C$ を採り、縦軸に寿命補正係数 a_{NSK} を採って、潤滑パラメータ κ をパラメータとする複数の特性曲線が表され、潤滑パラメータ κ が 0.1 であるときに荷重パラメータ $\{(P - P_u) / C\} \cdot 1 / a_C$ の値にかかわらず寿命補正係数 a_{NSK} が “0.1” に設定され、この状態から潤滑パラメータ κ の値が大きくなると荷重パラメータ $\{(P - P_u) / C\} \cdot 1 / a_C$ の値が小さくなるにつれて寿命補正係数 a_{NSK} の変化率が徐々に増加するように湾曲する特性曲線となり、この特性曲線の曲率が潤滑パラメータ κ が大きくなる程小さくなるように設定されている。

【0096】

次いで、ステップS124に移行して、算出された寿命補正係数 a_{NSK} が50以下であるか否かを判定し、 $a_{NSK} > 50$ であるときにはステップS125に移行して、 $a_{NSK} = 50$ に設定してからステップS126に移行し、 $a_{NSK} \leq 50$ であるときにはそのままステップS126に移行する。

このステップS126では、前述した(7)式の演算を行って、転がり軸受寿命 L_A を算出し、次いでステップS127に移行して、算出した転がり軸受寿命 L_A が20万時間以下であるか否かを判定し、 $L_A > 200000\text{Hr}$ であるときにはステップS128に移行して、 $L_A = 200000\text{Hr}$ 以上に設定してからステップS129に移行し、 $L_A \leq 200000\text{Hr}$ であるときにはそのままステップS129に移行する。

【0097】

このステップS129では、決定された軸受寿命 L_A を図21に示す結果出力画面に表示する。

ここで、結果出力画面は、所定項目を表示する表示領域131と、この表示領域131の下側に配設された印刷ボタン132、戻るボタン133、メニューボタン134を備えている。表示領域131には、軸受タイプを表示するテキストボックス135、呼び番号を表示するテキストボックス136、軸受動定格荷重を表示するテキストボックス137、軸受静定格荷重を表示するテキストボックス138、軸受動等価荷重を表示するテキストボックス139、回転数を表示するテキストボックス140、粘度比 κ を表示するテキストボックス141、汚染度係数 a_C を表示するテキストボックス142、信頼度係数 a_1 を表示するテキストボックス143、補正寿命係数 a_{NSK} を表示するテキストボックス144、従来寿命 L_{10} を表示するテキストボックス145及び転がり軸受寿命 L_A を表示するテキストボックス146を備えている。

【0098】

次いで、ステップS130に移行して、設定された転がり軸受寿命 L_A がユーザーが設定した所望寿命 L_U 以下であるか否かを判定し、 $L_A \geq L_U$ であるときにはユーザーの所望とする所望寿命 L_U を満足しているものと判断してステップS131に移行し、疲労限度荷重を考慮することによる利点を記載した図22に

示す説明画面を表示する。

【0099】

この説明画面は、疲労限度荷重を考慮することによる利点を表示する表示領域151と、その下側に配設された閉じるボタン152とが表示されている。

表示領域151には、「従来例で説明した転がり軸受計算式では、疲労限度の考えが盛り込まれていないが、本出願人の耐久試験では、クリーンで低荷重の使用環境下では従来の計算寿命式の50倍を超え、20年上もフレーキング無しで運転中の軸受がある。また、工作機械用軸受においても、温度上昇を抑制し、且つ比較的クリーンで低荷重の使用環境下では、従来の寿命計算式の80倍の寿命を達成している実績がある。

【0100】

以上の現象は、下図に示されるように、転がり疲れ寿命に疲労限度荷重 P_u が存在することを示唆している。この疲労限度荷重 P_u は、クリーンで理想的な状態で転動体と軌道輪が接触する際に生じる最大接触面圧 $P_{max} = 1.5 \text{ GPa}$ のときの等価荷重と定義する。」との記載と、横軸に耐久時間を採り、縦軸に軸受荷重を採った特性曲線図とが表示されている。この特性曲線図では、従来理論では特性線 L_1 で示すように、耐久時間が増加するにつれて軸受荷重が直線的に減少するが、本願発明による新寿命理論では、特性曲線 L_2 に示すように、耐久時間の増加によって徐々に変化率が小さくなって疲労限度荷重 P_u に近づく漸近線で表されている。

【0101】

また、ステップS130の判定結果が $L_A < L_U$ であるときにはステップS132に移行して、図23に示す変更選択画面を表示する。

この変更選択画面は、呼び番号を変更して転がり軸受を大型化することを選択する選択ボタン151と、汚染度係数 a_C を大きい値に変更することを選択する選択ボタン152と、潤滑剤の粘度比 κ を高くすることを選択する選択ボタン153と、戻るボタン154とが設けられている。

【0102】

次いで、ステップS133に移行して、選択ボタン151が選択されているか

否かを判定し、選択ボタン151が選択されているときには、前述した図5の軸受選択処理における前記ステップS11に戻り、選択ボタン151が選択されていないときにはステップS134に移行して、選択ボタン152が選択されているか否かを判定し、選択ボタン152が選択されているときには前述した図17の新寿命計算処理におけるステップS101に戻り、選択ボタン152が選択されていないときにはステップS135に移行して、選択ボタン153が選択されているか否かを判定し、選択ボタン153が選択されているときには前述した図14の潤滑パラメータ算出処理におけるステップS71に戻り、選択ボタン153が選択されていないときには戻るボタン154が選択されているか否かを判定し、戻るボタン154が選択されているときには前記ステップS129に戻り、戻るボタン154が選択されていないときには前記ステップS133に戻る。

【0103】

以上の処理において、図5の処理が諸元情報入力手段に対応し、図8におけるステップS36, S37の処理及び図11の信頼度説明画面が信頼度設定手段に対応し、図12の処理が動等価荷重演算手段に対応し、図14の処理が潤滑パラメータ演算手段に対応し、図17の処理におけるステップS102, S103の処理及び図19の汚染度係数定義画面が汚染度係数設定手段に対応し、図17の処理におけるステップS104～S111の処理が疲労限度荷重演算手段に対応し、図17及び図18の処理におけるステップS112～S119の処理が荷重パラメータ演算手段に対応し、図18の処理におけるステップS123～S125の処理及び図20の寿命補正係数算出用マップが寿命補正係数設定手段に対応し、図18の処理におけるステップS126～S129の処理が軸受寿命演算手段に対応し、ステップS130, S132～S135の処理が再演算判定手段に対応している。

【0104】

したがって、今、例えば呼び番号が「6206」の深溝玉軸受の寿命を予測するものとすると、先ず、コンピュータ本体2の電源を投入して、オペレーティングシステムを起動し、次いで寿命予測アプリケーションソフトを起動する。

これにより、図3に示す転がり軸受の寿命予測処理の実行を開始し、先ず、図

4に示す初期メニュー画面が表示される。この初期メニュー画面で、例えばマウス5により軸受の選定選択領域A1をクリックすることにより、図6に示す軸受選定画面が表示される。この軸受選定画面で、軸受テーブルから軸受を検索する場合には、少なくとも内径、外形及び幅の各テキストボックス22a、22b及び22cをマウス5で順次選択することにより所望とする転がり軸受のミリ単位の寸法“30”、“62”及び“16”をキーボード4から入力すると共に、深溝玉軸受選択ボタン22dを選択する。

【0105】

これによって、電子カタログを検索して該当する呼び番号「6206」の主要寸法d、D、B、r、基本動定格荷重C、基本静定格荷重C₀、係数f₀、許容回転数、ラジアル荷重係数X、スラスト荷重係数Y等の諸元情報が図7の軸受テーブル画面に白抜き文字で表示される。

また、呼び番号「6206」を直接入力したときにも、同様に図7の軸受テーブル画面が表示される。

【0106】

この軸受テーブル画面で、新寿命計算ボタン33をマウス5でクリックして選択することにより、図9の新寿命計算式画面が表示され、この新寿命計算式画面で、読み込みボタン43をクリックすることにより、図7の軸受テーブルで選択した呼び番号の諸元情報が順次入力される。すなわち、コンボボックス51に軸受タイプとして「深溝玉軸受」が表示され、呼び番号のテキストボックス52に「6206」が表示され、軸受動定格荷重Cのテキストボックス53に「19500」が表示され、軸受静定格荷重C₀のテキストボックス54に「1130」が表示され、軸受内径dのテキストボックス55に「30」が表示され、軸受外径Dのテキストボックス56に「62」が表示される。

【0107】

その後、新寿命計算画面の上に図10に示す荷重定数の定義画面が表示され、この定義画面を参照して、運転条件或いは使用箇所から荷重係数f_Wを決定する。この例では、衝撃のない円滑運転で、電動機、工作機械、空調機械等に使用するように、荷重係数f_Wをデフォルト値である“1.0”に決定する。

その後、閉じるボタン62を選択することにより、荷重係数の定義画面が閉じられ、これに代えて図11に示す信頼度係数の説明画面が表示され、この信頼度係数の説明画面を参照して、信頼度係数 a_1 を決定する。この例では、信頼度をデフォルト値である90%に決定することにより、信頼度係数 a_1 として“1.00”を決定する。

【0108】

その後、閉じるボタン64をマウス5で選択することにより、信頼度係数説明画面が閉じられ、これによって、新寿命計算画面がアクティブ状態となる。このとき、決定した荷重係数 f_W 及び信頼度係数 a_1 をキーボード4を使用して夫々テキストボックス58及び59に入力するが、この例では、デフォルト値を使用するので、入力を省略する。

【0109】

この状態で、動等価荷重計算ボタン60をマウス5で選択することにより、図13に示す動等価荷重計算画面が表示される。この動等価荷重計算画面で、使用条件から求めた理論ラジアル荷重 F_r 及び理論アキシャル荷重 F_a とをキーボード4を使用してテキストボックス78及び79に入力すると共に、回転数例えは「5000」 min^{-1} をキーボード4を使用してテキストボックス80に入力する。このとき、使用条件が複数ある場合には、追加入力ボタン82をマウス5で選択してから他の使用条件における理論ラジアル荷重 F_r 、理論アキシャル荷重 F_a 、回転数N及び使用条件比率をキーボード4を使用して入力する。

【0110】

これらの入力が完了した状態で、計算実行ボタン72をマウス5で選択することにより、前記(9)式の演算を行って、動等価荷重Pを算出すると共に、使用条件が複数ある場合には平均回転数Nを算出し、単数であるときにはテキストボックス80に入力された回転数を平均回転数Nとして算出し、算出した動等価荷重P及び平均回転数Nをテキストボックス83及び84に表示する。

【0111】

その後、結果反映ボタン73をマウス5で選択することにより、動等価荷重計算画面が閉じられて、図9の新寿命計算式画面がアクティブとなり、算出した動

等価荷重P及び平均回転数Nがテキストボックス57及び61に表示される。

算出した動等価荷重Pに関して、基本動定格荷重Cの50%を越える場合や基本静定格荷重C₀を越える荷重に関しては、警告のメッセージを表示する。

【0112】

また、平均回転数においても、グリース潤滑又は油潤滑に関して、許容回転数を越えた場合、警告のメッセージを表示する。

そして、表示されている新寿命計算式画面で、運転粘度計算ボタン64をマウス5で選択することにより、新寿命計算式画面の上に図15に示す潤滑パラメータ計算画面が表示される。この潤滑パラメータ計算画面では、電子カタログの諸元情報からピッチ円直径d_mがテキストボックス93に表示されると共に、動等価荷重計算画面で算出した平均回転数Nが軸受回転数としてテキストボックス94に表示され、軸受性能係数Aとしてデフォルト値“1.00”が表示されており、この状態で、コンボボックス87で潤滑剤リストから使用する潤滑剤例えば「ISO VG 68」を選択して表示させると、これに応じて40℃の時の潤滑油粘度及び100℃の時の潤滑油粘度がテキストボックス88及び89に表示され、この状態で運転温度をテキストボックス90にキーボード4を使用して入力してから運転粘度計算ボタン82をマウス5で選択することにより、40℃及び100℃の潤滑油粘度を結ぶ直線に基づいて運転温度での運転粘度νが比例計算されて算出され、これがテキストボックス91に表示される。

【0113】

次いで、必要粘度計算ボタン83をマウス5で選択してクリックすることにより、軸受回転数Nが5000 min⁻¹であって1000 min⁻¹を超えているので、係数Kが“1”に設定され、この係数K、軸受回転数N及びピッチ円直径d_mをもとに前記(11)式の演算を行って必要粘度ν₁を算出し、これをテキストボックス95に表示する。

【0114】

次いで、潤滑パラメータ計算画面の上に図16の潤滑パラメータ説明画面が表示され、この説明文における軸受性能係数Aの記載から軸受性能係数Aが“1.00”で良いか否かを判断してから閉じるボタン111をマウス5で選択してク

リックすることにより、図15に示す潤滑パラメータ説明画面を閉じて、図15に示す潤滑パラメータ計算画面をアクティブ状態とし、潤滑パラメータ説明画面で判断した軸受性能係数Aを変更する場合には、テキストボックス96に新たな軸受性能係数Aをキーボード4を使用して入力する。その後、(12)式の演算を行うことにより、補正必要粘度 ν_1' を算出し、これをテキストボックス97に表示してから前記(13)式の演算を行って粘度比で表される潤滑パラメータ κ を算出し、これをテキストボックス98に表示する。

【0115】

この状態で、計算結果反映ボタン84をマウス5で選択してクリックすることにより、潤滑パラメータ計算画面を閉じて、図9に示す新寿命計算式画面をアクティブ状態として、そのテキストボックス62に潤滑剤「ISO VG68」を表示すると共に、テキストボックス63に運転粘度 ν 「28.5」を表示する。

その後、新寿命計算式画面の上に図19に示す汚染度係数定義画面が表示され、汚染度係数 a_C がデフォルト値「普通 ($a_C = 0.5$)」で良いか否かを判断し、使用条件が通常使用状態であるときには、デフォルト値をそのまま使用し、 $10 \mu m$ 未満のフィルタ管理を行う電機情報用密封グリース軸受を使用する場合には極めて清浄であるため、汚染度係数 a_C を“1”に設定し、これより清浄度が低下するにレベル応じて汚染度係数 a_C が小さい値となり、重汚染状態で使用する場合には汚染度係数 a_C を“0.05”に設定する。

【0116】

次いで、物体1の主曲率 ρ_{11} 、 ρ_{12} 及び物体2の主曲率 ρ_{21} 、 ρ_{22} に基づいて前記(14)式に従って主曲率の和 $\Sigma \rho$ を算出すると共に、算出した和 $\Sigma \rho$ と主曲率 ρ_{11} 、 ρ_{12} 、 ρ_{21} 及び ρ_{22} に基づいて $\cos \tau$ を算出し、これらに基づいて記憶テーブルを参照するか $\cos \tau$ と粘度 ν 及び摩擦係数 μ との関係を示すマップを参照して粘度 ν 及び摩擦係数 μ を算出し、軸受形式が玉軸受であるので、前記(16)式の演算を行って疲労限度荷重 P_u を算出し、次いで、算出した疲労限度荷重 P_u 、動等価荷重 P 、軸受動定格荷重 C 及び汚染度係数 a_C に基づいて荷重パラメータ $\{(P - P_u) / C\} \cdot 1 / a_C$ を算出し、算出した荷重パラメータ $\{(P - P_u) / C\} \cdot 1 / a_C$ と潤滑パラメータ κ に基づいて図18の寿命補正

係数算出用マップを参照して寿命補正係数 a_{NSK} を算出し、次いで前記(7)式の演算を行って軸受寿命 L_A を算出し、図21に示す結果出力画面を表示して、テキストボックス143、144、145及び146に夫々信頼度係数 a_1 、寿命補正係数 a_{NSK} 、従来寿命 L_{10} 及び軸受寿命 L_A を表示する。

【0117】

この結果出力画面で、印刷ボタン132をマウス5で選択してクリックすることにより、結果出力画面で表示されている全てのデータがプリンタ6で印刷される。

その後、算出された軸受寿命がユーザーの所望する軸受寿命を満足しているか否かを判定し、満足している場合には処理を終了するが、ユーザーの所望する軸受寿命を満足していない場合には、呼び番号を変更して使用する軸受を大型化するか、潤滑剤のフィルタ管理を強化して汚染度係数 a_C を増加させるか、潤滑剤の粘度比 κ を大きくするかの何れかを図23に示す変更選択画面における選択ボタン151～153の何れかを選択することにより決定し、これに基づいて軸受寿命 L_A を再計算することにより、ユーザーが所望とする軸受寿命を満足する転がり軸受を選定することができる。

【0118】

このように、上記実施形態によれば、動等価荷重 P 及び疲労限度荷重 P_u を算出すると共に、材料係数を考慮して汚染度係数 a_C を決定し、諸元情報から軸受基本動定格荷重 C を入力することにより、荷重パラメータ $\{(P - P_u) / C\} \cdot 1 / a_C$ を算出し、潤滑剤情報に基づいて潤滑パラメータ κ を算出することにより、図20に示す寿命補正係数算出マップを参照することにより、寿命補正係数 a_{NSK} を算出し、この寿命補正係数 a_{NSK} 、信頼度係数 a_1 、軸受基本動定格荷重 C 、動等価荷重 P 及び荷重指数 p をもとに前記(7)式の演算を行って軸受寿命 L_A を算出するようにしたので、前述した図22の特性線 L_1 で示すように、耐久時間が増加するにつれて軸受荷重が直線的に減少する従来理論に比較して、本願発明による新寿命理論では、特性曲線 L_2 に示すように、耐久時間の増加によって徐々に変化率が小さくなつて疲労限度荷重 P_u に近づく漸近線で表されることになり、実際の転がり軸受の寿命に則した的確な寿命予測を行うことがで

きる。

【0119】

【実施例】

下記表3に呼び番号「6206」の深溝玉軸受を用いて行った試験条件及び実験結果と、 $a_1 = a_2 = a_3 = 1.0$ として $(C/P)^P$ で計算される従来寿命計算式 L_{CA} 及び本発明の新寿命計算式 L_A の演算結果とを示す。なお、試験回転数は $N = 5000 \text{ rpm}$ で行い、試験温度は $40 \sim 145^\circ\text{C}$ である。

【0120】

【表3】

	P/C	κ	a_c	$(P-P_u)/C/a_c$	実験 $L_{10\text{hr}}$	従来式 $L_{CA\text{hr}}$	新式 $L_A\text{hr}$
1	0.1	0.1	1.0	0.1	580	5,556	560
2	0.1	0.8	0.8	0.1	44,400		43,340
3	0.1	1.5	0.5	0.2	91,040		90,010
4	0.3	0.3	1.0	0.3	45		41
5	0.3	1	0.5	0.6	390		371
6	0.3	2	0.3	0.9	355		330
7	0.5	0.5	1.0	0.5	28		22
8	0.5	1.5	0.4	1.2	49		48
9	0.5	3	0.2	2.4	43		40
10	0.7	1	1.0	0.8	26	16	24
11	0.7	2	1.0	0.8	37		35
12	0.7	4	0.5	1.3	23		22

【0121】

また、下記表4に呼び番号「L44649/610」の円すいころ軸受を用いて行った試験条件及び実験結果と、 $a_1 = a_2 = a_3 = 1.0$ として $(C/P)^P$ で計算される従来寿命計算式 L_{CA} 及び本発明の新寿命計算式 L_A の演算結果とを示す。なお、試験回転数は $N = 1000 \text{ rpm}$ で行い、試験温度は $40 \sim 14$

5°Cである。

【0122】

【表4】

	P/C	κ	a_c	$(P-P_u)/C/a_c$	実験 $L_{10,hr}$	従来式 $L_{cA,hr}$	新式 L_A,hr
1	0.1	0.1	1.0	0.1	3,650	35,907	3,591
2	0.1	0.8	0.8	0.1	161,000		150,400
3	0.1	1.5	0.5	0.1	200,000 未はくり		200,000 以上
4	0.3	0.3	1.0	0.2	285	922	265
5	0.3	1	0.5	0.4	1,690		1,650
6	0.3	2	0.3	0.6	1,624		1,600
7	0.5	0.5	1.0	0.4	73	168	69
8	0.5	1.5	0.4	1.0	195		180
9	0.5	3	0.2	1.9	160		151
10	0.7	1	1.0	0.6	85	55	70
11	0.7	2	1.0	0.6	121		100
12	0.7	4	0.5	1.2	79		77

【0123】

なお、各試験とも、N = 10個を行い、剥離した視線における90%信頼度の剥離寿命 $L_{10,hr}$ を求めた。使用した潤滑油はVG 15~150の鉱油を使用した。

本発明による新寿命予測に使用した寿命補正係数算出用マップは玉軸受の場合を図24に、ころ軸受の場合を図25に夫々示す。

【0124】

さらに、寿命補正係数算出用マップを使用して表3及び表4の試験結果に条件を代入して演算を行い、従来の寿命計算式 (JIS B 1518) と本発明の寿命計算式 L_A とを比較した結果、実寿命 L_{10} と比較して、全ての試験結果において、本発明の寿命計算式の値が、誤差10%程度の範囲でよく一致しており、

本発明による寿命予測精度が従来式に比較して向上していることが実証された。

【0125】

また、今回、実験に用いた材料は、S U J 2であったが、清浄度を向上させた鋼を使用する場合は、疲労限度荷重 P_u を、現行の最大接触面圧 $P_{max} = 150$ MPa より上を設定することができる。

また、異物が軸受内に侵入するような環境下で使用される軸受においては、N S K テクニカルジャーナル No. 652 (1992, pp 9~16) に記載されているような、残留オーステナイト量を 20~50% とし、硬さを $Hv 700 \sim 850$ とした特殊軸受に関しては、汚染度係数 a_C を下記 (18) 式で表されるように、S U J 2 の値の関数として計算式 (7), (8) に組込むことが有効と考えられる。

【0126】

$$a_C = g (a_m, a_C) \quad \dots \dots \dots \quad (18)$$

さらに、粘度比 κ と寿命比の関係を図式化して、計算式へ反映させることを考えるために、Beiblatt 1993 DIN ISO 281 に掲載された粘度比 κ と使用条件係数 a_3 との関係線図と、本発明者が積に報告している Λ と a_{23} との関係線図 (日本トライボロジー会議予稿集 (大阪 1997-11, p 324~326) を考慮して、図 25 に示すように、粘度比 κ と寿命との関係を潤滑パラメータ a_L として定義すると、さらに精度が高い寿命計算式となる。

【0127】

なお、上記第 1 の実施形態においては、荷重係数の定義画面、信頼度係数説明画面、潤滑パラメータ説明画面、汚染度係数の定義画面、寿命補正係数説明画面が自動的に表示されるようにした場合について説明したが、これに限定されるものではなく、これらを使用する新寿命計算式画面、潤滑パラメータ計算画面等に各定義画面及び説明画面を表示するための表示ボタンを設け、これをマウス 5 で選択してクリックすることにより、各画面を表示するようにしてもよく、さらにはツールバーにヘルプその他のプルダウンメニューを設け、このプルダウンメニューに各画面を表示するメニューを登録するようにしてもよい。

【0128】

また、上記第1の実施形態においては、パーソナルコンピュータ1に寿命予測アプリケーションプログラムをインストールする場合について説明したが、これに限定されるものではなく、複数のコンピュータをLAN接続している場合には、1台のコンピュータにインストールした寿命予測アプリケーションプログラムを他のコンピュータで共有するようにしてもよく、また、インターネットのホームページに寿命予測アプリケーションプログラムを格納し、クライアントから有料又は無料でアクセス可能とするようにしてもよい。

【0129】

さらには、寿命予測アプリケーションプログラムをハードディスク以外のコンパクトディスク(CD)や光磁気ディスク(MO)等の記憶媒体に格納して、携帯したり、他の情報処理装置にインストールするようにしてもよい。

い。

さらに、上記第1の実施形態においては、潤滑パラメータ κ 及び荷重パラメタ $\{(P - P_u) / C\} \cdot 1 / a_C$ をもとに図18に示す寿命補正係数算出用マップを参照して寿命補正係数 a_{NSK} を算出する場合について説明したが、これに限定されるものではなく、図18の寿命補正係数算出用マップの各特性曲線の近似方程式を求め、これを使用して演算することにより寿命補正係数 a_{NSK} を算出するようにしてもよい。

【0130】

さらにまた、上記第1の実施形態においては、寿命予測時間を図21に示すように、1つの数値で結果出力する場合について説明したが、これに限定されるものではなく、図11及び表1に示す各信頼度 a_1 の夫々について寿命予測演算を行って、その演算結果を、図27に示すような、縦軸に寿命予測時間を、横軸に演算に使用した各信頼度係数 a_1 をとったグラフで表すパラメトリック表示情報とし、これをディスプレイ3又はプリンタ6等の提示手段に出力するようにしてもよく、この場合には、信頼度係数 a_1 と寿命予測時間との関係をパラメータ毎に的確に視認することができ、さらに好ましい顧客サービス情報を提供することができる。ここで、パラメータとしては信頼度係数 a_1 に限らず、軸受サイズ、汚染度係数、動的軸受荷重P、軸受回転速度、潤滑剤の種類、使用温度、材料の

種類等の任意のパラメータを採用することができる。

【0131】

次に、本発明の第2の実施形態を図28以降について説明する。

この第2の実施形態では、図28に示すように、インターネット200にルータ201を介して接続されたWWW (W o r l d W i d e W e b) サーバー202のハードディスクに寿命予測アプリケーションソフトを含む軸受選定アプリケーションソフト及び転がり軸受の諸元情報を格納した電子カタログがインストールされている。

【0132】

軸受選定アプリケーションソフトは、表計算アプリケーションソフト等を利用して、入力された諸元情報に基づいて前述した第1の実施形態における転がり軸受の寿命予測処理含む転がり軸受選定処理を行って、ユーザーが所望とする最適軸受、最適運転条件、寿命予測時間を提示する。

この転がり軸受選定処理は、図29に示すように、先ず、ステップS401で、インターネット200を介してユーザーのパーソナルコンピュータ等の情報処理装置からアクセスがあったか否かを判定し、ユーザーからアクセスがないときにはアクセスがあるまで待機し、ユーザーからアクセスがあったときには、ステップS402に移行して、言語として日本語、英語、独語、仏語等を選択する言語選択部を有する軸受選定画面を表示する表示情報をユーザーの情報処理装置に送信し、次いでステップS403に移行して、何れの言語が選択されたかを判定し、選択された言語での表記処理を実行してからステップS404に移行する。

【0133】

このステップS404では、ユーザーアカウント情報及びパスワードの入力を要求すると共に、ユーザー登録をしていない場合にユーザー登録を促す入力画面情報をユーザーの情報処理装置に送信し、次いでステップS405に移行して、ユーザーアカウント情報及びパスワードの入力が行われたか否かを判定し、これらの入力が行われたときには後述するステップS409に移行し、ユーザーアカウント情報及びパスワードの入力が行われていないときにはステップS406に移行して、ユーザー登録が選択されたか否かを判定し、これが選択されていない

ときには前記ステップS407に移行して、ユーザーアクセスが終了したか否かを判定し、ユーザーアクセスが終了したときには前記ステップS401に戻り、ユーザーアクセスが終了していないときには前記ステップS405に戻る。

【0134】

また、ステップS406の判定結果がユーザー登録が選択されているものであるときには、ステップS408に移行して、ユーザー登録処理を実行してからステップS409に移行する。このユーザー登録処理は、氏名、会社名、所属名、電子メールアドレス又は電話番号を入力する入力画面を表示する入力画面情報をユーザーの情報処理装置に送信し、この入力画面情報に所定事項が入力されたときに、ユーザー アカウント情報とパスワードとを発行して処理を終了してステップS409に移行する。

【0135】

ステップS409では、軸受希望納期及び軸受の希望コストの入力を行う購入情報入力画面情報をユーザーの情報処理装置に送信し、次いでステップS410に移行して、購入情報入力画面情報に基づいて軸受希望納期及び希望コストが入力されたか否かを判定し、これらの何れか一方又は双方が入力されたときにはステップS411に移行して、入力された軸受希望納期及び／又は希望コストを所定記憶領域に記憶してからステップS413に移行し、軸受希望納期及び希望コストの入力がないときにはステップS412に移行して、スキップボタンが選択されたか否かを判定し、スキップボタンが選択されていないときには前記ステップS410に戻り、スキップボタンが選択されているときにはステップS413に移行する。

【0136】

ステップS413では、軸受種別を入力する図32に示す軸受種別表示画面を表示する表示情報をユーザーの情報処理装置に送信する。この軸受種別表示画面は、玉軸受であるかころ軸受であるかを選択するチェックボックス211、ラジアル軸受であるかスラスト軸受であるかを選択するチェックボックス212、列指定の有無を選択するチェックボックス213、単列、複列、多列を選択するドロップダウンボックス214、戻るボタン215及び次へボタン216が表示さ

れ、チェックボックス211及び212が必須入力項目として設定されている。

【0137】

次いで、ステップS414に移行して、次へボタン216が選択されたか否かを判定し、これが選択されていないときにはステップS415に移行して、戻るボタン215が選択されているか否かを判定し、これが選択されていないときには前記ステップS414に戻り、選択されているときには前記ステップS409に戻る。

【0138】

また、前記ステップS414の判定結果が次へボタン216が選択されているものであるときには、ステップS416に移行し、図33に示す諸元情報入力画面を表示する表示情報をユーザーの情報処理装置に送信する。この諸元情報入力画面は、所定項目を表示する表示領域221と、この表示領域221の下側に配設された計算実行ボタン222、読み込みボタン223、保存ボタン224、初期化ボタン225、戻るボタン226とが設けられている。

【0139】

ここで、表示領域221には、軸受タイプを選択するコンボボックス231、呼び番号を入力するテキストボックス232、軸受動定格荷重Cを入力するテキストボックス233、軸受静定格荷重 C_0 を入力するテキストボックス234、軸受内径dを入力するテキストボックス235、軸受外径Dを入力するテキストボックス236、軸受に作用する荷重P/Cを表示するテキストボックス237、回転数を入力するテキストボックス238、潤滑剤を選択するコンボボックス239、運転粘度vを入力するテキストボックス240、汚染度係数 a_C を選択するコンボボックス241、汚染度係数 a_C を表示するテキストボックス242、軸受材料仕様を選択するコンボボックス243、軸受寿命時間を入力するテキストボックス244を備えている。そして、汚染度係数 a_C のコンボボックス241には“普通 ($a_C = 0.5$)”が、汚染度係数 a_C のテキストボックス242には“0.5”が、軸受材料仕様のコンボボックス243には“高炭素クロム軸受鋼 (S U J 2 Z, S U J 3 Z)”がデフォルト値として表示されている。また、テキストボックス232に呼び番号を入力した状態で、読み込みボタン22

3を選択することにより、呼び番号に対応する軸受動定格荷重C、軸受静定格荷重 C_0 、軸受内径及び軸受外径が夫々テキストボックス233～236に表示され、保存ボタン224を選択することにより、表示領域221に設定された各データが保存され、初期化ボタン225が選択されると、表示領域221のデータが初期状態に戻る。

【0140】

次いで、ステップS417に移行して、計算実行ボタン222が選択されたか否かを判定し、計算実行ボタンが選択されていないときには、ステップS418に移行して、戻るボタン226が選択されているか否かを判定し、戻るボタン226が選択されているときには前記ステップS413に戻り、戻るボタン226が選択されていないときには前記ステップS417に戻る。

【0141】

さらに、前記ステップS417の判定結果が計算実行ボタン222が選択されているものであるときには、ステップS419に移行して、呼び番号が入力されているか否かを判定し、呼び番号が入力されているときにはステップS420に移行して、軸受に作用する荷重P/C、軸受回転数、潤滑剤、運動粘度 ν 、汚染度係数 a_C 、軸受材料仕様の運転条件項目が入力されているか否かを判定し、運転条件項目が入力されているときには、ユーザーが軸受寿命時間を要求しているものと判断してステップS422に移行して、前述した第1の実施形態における軸受寿命演算処理を実行して、潤滑パラメータ κ 、荷重パラメータ $\{(P - P_u) / C\} \cdot 1 / a_C$ 、及び補正寿命係数 a_{NSK} を算出し、これらに基づいて転がり軸受寿命時間 L_A を算出し、次いでステップS423に移行して、算出した転がり軸受寿命時間 L_A を表示すると共に、最適軸受の納期及び納入コストを表示する表示画面情報をユーザーの情報処理装置に送信してからには、ステップS424に移行して、表示画面情報に含まれている終了ボタンが選択されているか否かを判定し、終了ボタンが選択されているときには前記ステップS401に戻り、終了ボタンが選択されていないときには、ステップS425に移行して戻るボタンが選択されているか否かを判定し、戻るボタンが選択されているときには前記ステップS416に戻り、戻るボタンが選択されていないときにはステップS

424に戻る。

【0142】

また、前記ステップS420の判定結果が運転条件項目が入力されていないものであるときには、ステップS426に移行して、要求軸受寿命時間 L_D が入力されているか否かを判定し、要求軸受寿命時間 L_D が入力されていないときにはステップS427に移行して、運転条件又は要求軸受寿命時間の入力を促すガイダンス情報をユーザーの情報処理装置に送信してから前記ステップS420に戻り、要求軸受寿命時間 L_D が入力されているときには、ユーザーが最適運転条件を要求しているものと判断して、ステップS428に移行して、最適運転条件決定処理を行う。

【0143】

この最適運転条件決定処理は、図30に示すように、先ず、ステップS429に移行して、運転条件として、仮定値を設定する。

この仮定値としては、例えば軸受に作用する荷重の仮定値として $P/C = 0.1$ を設定し、軸受回転数の仮定値として許容回転数の $1/10$ の値を設定し、運転温度の仮定値として 50°C を設定し、潤滑剤の仮定値として油：ISO VG 68、グリース：NS7を設定し、汚染度係数 a_C の仮定値として $a_C = 0.5$ を設定し、軸受材料の仮定値としてSUJ2を設定する。

【0144】

次いで、ステップS430に移行して、各仮定値と呼び番号に基づく軸受動定格荷重 C 、軸受静定格荷重 C_0 とに基づいて前述した第1の実施形態における軸受寿命演算処理を実行して、潤滑パラメータ κ 、荷重パラメータ $\{(P - P_u)/C\} \cdot 1/a_C$ 、及び補正寿命係数 a_{NSK} を算出し、これらに基づいて転がり軸受寿命時間 L_A を算出してからステップS431に移行する。

【0145】

このステップS431では、算出した軸受寿命時間 L_A が入力された要求軸受寿命時間 L_D の例えば $\pm 10\%$ 内であるか否かを判定し、 $L_D \times 0.9 \leq L_A \leq L_D \times 1.1$ であるときには仮定した運転条件が最適条件であるものと判断して、ステップS431に移行して、これら最適運転条件を表示する最適条件表示画

面の表示情報をユーザーの情報処理装置に送信してから前記表示すると共に、最適軸受の納期及び納入コストを表示する表示画面情報をユーザーの情報処理装置に送信してからサブルーチン処理を終了して図29の前記ステップS424に移行する。

【0146】

また、前記ステップS431の判定結果が、 $L_A < L_D \times 0.9$ 又は $L_A > L_D \times 1.1$ であるときにはステップS433に移行して、運転条件の仮定値を予め設定された次の仮定値に変更してから前記ステップS430に移行する。

図29に戻って、前記ステップS419の判定結果が呼び番号が入力されていないものであるときには、ステップS434に移行して、前述した運転条件が入力されているか否かを判定し、運転条件が入力されているときには、ステップS435に移行して、要求軸受寿命時間 L_D が入力されているか否かを判定し、要求軸受寿命時間 L_D が入力されているときには、ユーザーが最適軸受の選定を要求しているものと判断して、ステップS436に移行して、最適軸受決定処理を実行する。

【0147】

この最適軸受決定処理は、図31に示すように、先ず、ステップS437で軸受タイプを参照して、軸受の生産量の多い標準的な軸受例えばラジアル玉軸受である場合には深溝玉軸受の呼び番号6206、アンギュラ玉軸受の呼び番号7206の何れかを仮定し、ラジアルころ軸受であるときには円筒ころ軸受の呼び番号NU206、円錐ころ軸受の呼び番号HR30206の何れかを仮定し、スラスト玉軸受であるときにはスラスト玉軸受の呼び番号51306を仮定し、スラストころ軸受であるときにはスラスト自動調心ころ軸受の呼び番号29420を仮定する。

【0148】

次いで、ステップS438に移行して、仮定した軸受の呼び番号と、運転条件とに基づいて前述した第1の実施形態における軸受寿命演算処理を実行して、潤滑パラメータ κ 、荷重パラメータ $\{(P - P_u) / C\} \cdot 1 / a_C$ 、及び補正寿命係数 a_{NSK} を算出し、これらに基づいて転がり軸受寿命時間 L_A を算出してか

らステップS439に移行する。

【0149】

このステップS439では、算出した軸受寿命時間 L_A が入力された要求軸受寿命時間 L_D の例えば±10%内であるか否かを判定し、 $L_D \times 0.9 \leq L_A \leq L_D \times 1.1$ であるときには仮定した軸受呼び番号が最適条件であるものと判断して、ステップS440に移行して、最適軸受呼び番号を表示すると共に、最適軸受の納期及び納入コストを表示する最適軸受選定表示画面情報をユーザーの情報処理装置に送信してから前記ステップS424に移行する。

【0150】

さらに、前記ステップS439の判定結果が、 $L_A < L_D \times 0.9$ 又は $L_A > L_D \times 1.1$ であるときにはステップS441に移行して、仮定した軸受呼び番号を大きい値又は小さい値に変更してから前記ステップS438に戻る。

また、図29に戻って、ステップS434の判定結果が、運転条件が入力されていないものであるときには、ステップS442に移行して、呼び番号又は運転条件の入力を促すガイダンス情報をユーザーの情報処理装置に送信してから前記ステップS419に戻り、また、前記ステップS435の判定結果が要求軸受寿命時間 L_D が入力されていないものであるときにはステップS443に移行して、軸受呼び番号又は要求軸受寿命時間 L_D の入力を促すガイダンス情報をユーザーの情報処理装置に送信してから前記ステップS419に戻る。

【0151】

次に、上記第2の実施形態の動作を説明する。

今、ユーザーがインターネット200を介してWWWサーバ202にアクセスすると、先ず、ユーザーアカウント情報及びパスワードを入力するユーザー登録入力画面が表示され、このユーザー登録入力画面で、ユーザー登録が行われているユーザーであるときにはユーザーアカウント情報及びパスワードを入力することにより、軸受選定処理を実行することができるが、ユーザー登録が行われていない未登録ユーザーである場合には、ユーザー登録画面で所定事項を入力することにより、ユーザー登録が行われ、ユーザーアカウント情報及びパスワードが設定されて、軸受選定処理を実行する。

【0152】

この軸受選定処理では、先ず、図32に示す軸受種別入力画面が表示され、この軸受種別入力画面で、必須入力項目である玉軸受であるかころ軸受であるかを選択する共に、ラジアル軸受であるかスラスト軸受であるかを選択し、列指定については任意選択項目であるので、指定をしてもしなくてもよい。

そして、必須項目の選択が完了した時点で、次へボタン216を選択することにより、希望納期及び希望コストを入力する入力画面が表示され、これらを必要とする場合には、希望納期及び希望コストの何れか一方又は双方を入力し、必要でない場合にはスキップする。

【0153】

次いで、図33に示す諸元情報入力画面が表示される。この諸元情報入力画面で、深溝玉軸受、アンギュラ玉軸受、円筒ころ軸受、自動調心ころ軸受等の軸受が決定されており、呼び番号が決定されている軸受について軸受寿命時間 L_A を知りたい場合には、少なくとも運転条件の必須入力項目である軸受に作用する荷重 P/C 、軸受回転数、運転温度及び潤滑剤種別を入力する。運動粘度 ν 、汚染度係数 a_C 、軸受材料仕様については未入力の場合、潤滑剤が油のみを指定した場合、油：ISO VG68が、グリースのみを指定した場合、グリース：NS7が設定され、汚染度係数 a_C については未入力のとき $a_C = 0.5$ が設定され、軸受材料が未入力であるときにはS U J 2が設定される。

【0154】

これら運転条件の入力が完了して、計算実行ボタン222を選択することにより、前述した第1の実施形態と同様の演算を行って、潤滑パラメータ κ 、荷重パラメータ $\{(P - P_u)/C\} \cdot 1/a_C$ 、及び補正寿命係数 a_{NSK} を算出し、これらに基づいて転がり軸受寿命時間 L_A を算出し、算出した転がり軸受寿命時間 L_A をディスプレイ3又はプリンタ6に出力する。

【0155】

また、最適運転条件を知りたい場合には、図33の諸元情報入力画面で軸受呼び番号を入力すると共に、要求軸受寿命時間 L_D を入力する。

ここで、例えば軸受呼び番号が「6306」で要求軸受寿命時間 L_D を「50

000 h r」として入力し、計算実行ボタン222を選択すると、運転条件として、軸受に作用する荷重P/Cとして仮定値P/C=0.1 (P=2670N)が設定され、軸受回転数の仮定値として5000 rpmが設定され、運転温度の仮定値として70°Cが設定され、潤滑剤としてISO VG68が設定され、汚染度係数a_Cの仮定値として0.5が設定される。

【0156】

これらの条件に基づいて第1の実施形態と同様の寿命計算処理を行うことにより、荷重パラメータ $\{(P - P_u) / C\} \cdot 1 / a_C = 0.14$ 、潤滑パラメータ $\kappa = 2.24$ 、補正寿命係数 $a_{NSK} = 25.57$ が算出され、これらに基づいて軸受寿命時間 $L_A = 85243$ 時間が算出される。

この軸受寿命時間 L_A は要求軸受寿命時間 $L_D = 50000$ 時間より1.7倍大きく、 $L_D \times 1.1 = 5500$ 時間よりも大きいので、軸受に作用する荷重P/Cの仮定値をP/C=0.125 (P=3337.5)に変更し、この仮定値に基づいて再度寿命予測演算を行うと、軸受寿命時間 $L_A = 23286$ 時間が算出され、この軸受寿命時間 L_A は要求軸受寿命時間 $L_D = 50000$ 時間より小さく、さらに $L_D \times 0.9 = 4500$ 時間よりも小さいので、軸受に作用する荷重P/Cの仮定値をP/C=0.11 (P=2937N)に変更し、この仮定値に基づいて再度寿命予測演算を行うことにより、軸受寿命時間 $L_A = 48116$ 時間が算出され、この軸受寿命時間 L_A は要求軸受時間 $L_D = 50000$ 時間より小さいが $L_D \times 0.9 = 4500$ 時間よりは大きく、許容範囲内であるので、軸受に作用する荷重P/Cをきりが良いP=2900Nに変更して、再度寿命予測演算を行うことにより、軸受寿命時間 $L_A = 51832$ 時間が算出され、要求寿命時間 $L_D = 50000$ 時間を満足する。

【0157】

したがって、軸受呼び番号「6306」、軸受に作用する荷重P=2900N、軸受回転数: 5000 rpm、運転温度: 70°C、潤滑剤: ISO VG68、汚染度係数a_C=0.5の運転条件及び軸受寿命時間 $L_A = 51832$ 時間が表示されると共に、軸受見積もり金額及び納入納期が表示された回答画面がディスプレイ3に表示される。

【0158】

この数値で表される回答画面に代えて、図34 (a) に示すように、縦軸に寿命時間を、横軸に汚染度係数 a_C をとり、汚染度係数 a_C が0. 05、0. 1、0. 2、0. 4、0. 5、0. 8、1の場合の寿命時間 L_A と要求寿命時間 L_D との関係をパラメトリック表示するグラフ及び図34 (b) に示すように、縦軸に寿命時間を、横軸に軸受荷重 P をとり、軸受荷重 P を2000N、2670N、3337.5N及び4000Nの場合の寿命時間 L_A と要求寿命時間 L_D との関係をパラメトリック表示するグラフを表示することもでき、この場合には、要求寿命時間 L_D を満足する限界値をユーザーが容易に把握することができる。

【0159】

また、運転条件及び要求寿命時間 L_D を指定して、内径30mmの最適軸受を知りたい場合には、軸受として、軸受種別が玉軸受でラジアル軸受が設定されている場合には、一般的な深溝玉軸受の呼び番号として「6306」が仮定され、この深溝玉軸受について寿命予測演算を行って、軸受寿命時間 L_A を算出し、軸受サイズの外径寸法を47、55、62、72とする呼び番号「6906」、「6006」、「6206」、「6306」を順次仮定することにより、要求寿命時間 L_D に許容範囲内に入る軸受呼び番号を最適軸受として選定する。

【0160】

なお、上記第2の実施形態においては、WWWサーバ202に軸受選定プログラムをインストールした場合について説明したが、これに限定されるものではなく、ローカルエリアネットワークに接続されたサーバに軸受選定プログラムをインストールして、このサーバにローカルエリアネットワークを介してパーソナルコンピュータ等の情報処理端末からアクセスするようにしてもよい。

【0161】

また、上記第2の実施形態においては、WWWサーバ202でユーザー登録を行う場合について説明したが、これに限定されるものではなく、郵送やファクシミリを使用してユーザー登録を行うようにしてもよい。

さらに、上記第2の実施携帯においては、軸受選定アプリケーションプログラムをWWWサーバ202のハードディスクにインストールした場合について説明

したが、これに限定されるものではなく、ハードディスク以外のコンパクトディスク（CD）や光磁気ディスク（MO）等の記憶媒体に格納して、携帯したり、他の情報処理装置にインストールするようにしてもよい。

【0162】

【発明の効果】

以上説明したように、請求項1に係る発明によれば、潤滑パラメータ a_L と荷重パラメータ $\{(P - P_u) / C\} \cdot 1 / a_C$ の関数で表される寿命補正係数 a_{NSK} と、信頼度係数 a_1 、軸受動荷重 C 、等価荷重 P 及び荷重指数 p に基づいて前記（7）式に従って軸受寿命を算出するようにしたので、実際の転がり軸受の寿命に則した的確な寿命予測を行うことができるという効果が得られる。

【0163】

また、請求項2に係る発明によれば、汚染度係数 a_c を鋼の成分及び熱処理により寿命延長を図ることができる鋼の影響度として材料係数 a_m を適用し、この材料係数 a_m を考慮して汚染度係数を算出することにより、より正確な汚染度係数 a_c を求めることができるという効果が得られる。

さらに、請求項3に係る発明によれば、寿命補正係数 a_{NSK} を潤滑パラメータ a_L と荷重パラメータとに基づいて算出するので、表面起点型剥離の形態を考慮した寿命補正係数 a_{NSK} を算出することができるという効果が得られる。

【0164】

さらにまた、請求項4に係る発明によれば、諸元情報入力手段で、諸元情報を入力すると共に、信頼度設定手段で信頼度係数 a_1 を設定し、且つ汚染度設定手段で汚染度を設定することにより、潤滑パラメータ演算手段で、潤滑パラメータ $a_L (= F(\kappa))$ を演算し、疲労限度荷重演算手段で疲労限度荷重を演算し、さらに荷重パラメータ決定手段で荷重パラメータ $\{(P - P_u) / C\} \cdot 1 / a_C$ を演算することにより、寿命補正係数設定手段で、前記（8）式の演算を行って寿命補正係数 a_{NSK} を設定し、この寿命補正係数 a_{NSK} 、信頼度係数 a_1 、基本動定格荷重 C 、動等価荷重 P 、疲労限度荷重 P_u 、荷重指数 p に基づいて前記（7）式の演算を行って軸受寿命 L_A を算出するので、請求項1に係る発明と同様の効果を得ることができる。

【0165】

なおさらに、請求項5に係る発明によれば、前述した請求項4に係る発明の効果に加えて、軸受寿命演算手段の演算結果が所望寿命に該当しないときに、再演算判定手段で、所望寿命を満足する為に再計算が必要であるか否かを判定し、再計算が必要である場合には、転がり軸受の名番を大きい方に変更するか、汚染度の低い材料に変更するか、潤滑剤の粘度を高くするかの何れかを選択することにより、再計算を行って、所望寿命を満足する転がり軸受を決定することができるという効果が得られる。

【0166】

また、請求項6に係る発明によれば、前述した請求項2と同様に鋼の成分及び熱処理により寿命延長を図ることができる鋼の影響度としての材料係数 a_m を考慮して汚染度係数を算出することにより、より正確な汚染度係数 a_c を求めることができるという効果が得られる。

さらに、請求項7に係る発明によれば、潤滑パラメータとして使用潤滑剤の動粘度 ν 及び運転温度における必要粘度 ν_1 の比である粘度比 κ を適用することにより、転がり軸受の運転状態における油膜厚さを考慮することができ、粘度比 κ が大きくなると潤滑状態が良好となって軸受寿命が向上し、粘度比 κ が小さくなると潤滑状態が悪くなり軸受寿命が低下するので、潤滑剤の性状に正確に対応した寿命予測が可能となるという効果が得られる。

【0167】

さらにまた、請求項8に係る発明によれば、荷重パラメータ及び潤滑パラメータをもとに、予め記憶した寿命補正係数算出マップを参照することにより、寿命補正係数を容易に算出することができるという効果が得られる。

また、請求項9に係る発明によれば、予測した寿命を提示することによって、ユーザーに寿命を容易に認識させることができるという効果が得られる。

【0168】

さらに、請求項10に係る発明によれば、軸受種別入力手段で、玉軸受、ころ軸受、ラジアル軸受、スラスト軸受等の軸受タイプを入力し、諸元情報入力手段で、ユーザーが最適軸受、最適運転条件、寿命予測時間の何れか1つを知りたい

ときには、残りの2つの要求諸元情報を入力すると、諸元情報仮定手段で、知りたい最適軸受、最適運転条件、寿命予測時間の何れか1つを仮定し、これら要求諸元情報及び仮定情報に基づいて請求項5に係る予測寿命演算を行う。例えば、最適運転条件を知りたいときには、使用したい軸受名及び要求寿命時間を入力すると、運転条件として、軸受に作用する荷重、軸受回転数、運転温度、潤滑剤の種類、軸受の汚染度、軸受材料の種類を夫々仮定し、寿命予測演算を行い、寿命予測時間が要求寿命時間を満足しないときには諸元情報仮定手段で仮定した諸元情報を変更しながら寿命予測演算を行い、要求寿命時間を満足する寿命予測演算が行われたときに、そのときの運転条件を最適運転条件として諸元情報提示手段で提示することができ、ユーザーが必要とする最適条件を迅速に提示することができるという効果が得られる。

【0169】

さらにまた、請求項11に係る発明によれば、ユーザーがインターネットを介して諸元情報入力手段、諸元情報仮定手段、転がり軸受の寿命予測装置、判定手段、諸元情報提示手段及び再演算手段にアクセスすることにより、ユーザーの所有する情報端末で、最適軸受、最適運転条件、寿命予測時間の何れかを容易に選定することができるという効果が得られる。

【0170】

なおさらに、請求項12に係る発明によれば、ユーザー登録受付手段でユーザー登録したユーザーのみがインターネットを介して最適軸受、最適運転条件、寿命予測時間の何れかを選定することができるので、ユーザー登録受付手段で、ユーザー情報を取得することができ、客先情報を一元管理することができるという効果が得られる。

【0171】

また、請求項13に係る発明によれば、諸元情報入力手段、諸元情報仮定手段、転がり軸受の寿命予測装置、判定手段、諸元情報提示手段及び再演算手段で扱う言語が選択可能であるので、日本語、英語、独語、仏語等の任意の言語を選択することにより、ユーザーの所望とする言語を使用して転がり軸受の選定を行うことができるという効果が得られる。

【0172】

さらに、請求項14に係る発明によれば、ユーザーが所望とする転がり軸受の寿命時間、最適軸受、最適使用条件の何れかを的確に提示することができるという効果が得られる。

さらにまた、請求項15に係る発明によれば、例えば軸受の使用条件を提示する場合に、横軸に汚染度係数を、縦軸に寿命予測値を表すグラフや表等でパラメータとなる汚染度を変更した場合の寿命予測値を表示することが可能となり、最適軸受、最適運転条件、寿命時間予測値の限界値を容易に視認することが可能となるという効果が得られる。

【0173】

なおさらに、請求項16に係る発明によれば、縦軸と横軸とに表される寿命予測値と、他の条件とがグラフで表されることから、より容易に限界値を視認することができるという効果が得られる。

また、請求項17に係る発明によれば、諸元情報提示手段で、最適軸受、最適運転条件、寿命予測時間の提示をしたときに、該当する軸受の納期、見積もり金額を提示することができ、ユーザーが納期や見積もり金額の提示を改めて要求する必要がないという効果が得られる。

【0174】

さらに、請求項18及び19に係る発明によれば、寿命予測プログラムを情報処理装置にインストールして実行することにより、請求項4及び5と同様の効果を得ることができる。

さらにまた、請求項20に係る発明によれば、軸受選定プログラムを情報処理装置にインストールして実行することにより、請求項10と同様の効果を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の第1の実施形態を示す概略構成図である。

【図2】

図1の電気的接続関係を示すブロック図である。

【図3】

寿命予測処理手順の一例を示すフローチャートである。

【図4】

初期メニュー画面を示す説明図である。

【図5】

軸受選択処理手順の一例を示すフローチャートである。

【図6】

軸受選定画面を示す説明図である。

【図7】

軸受テーブル画面を示す説明図である。

【図8】

新寿命計算処理手順の一例を示すフローチャートである。

【図9】

新寿命計算式画面を示す説明図である。

【図10】

荷重係数の定義画面を示す説明図である。

【図11】

信頼度係数説明画面を示す説明図である。

【図12】

動等価荷重算出処理手順の一例を示すフローチャートである。

【図13】

動等価荷重計算画面を示す説明図である。

【図14】

運動粘度計算処理手順の一例を示すフローチャートである。

【図15】

潤滑パラメータ計算画面を示す説明図である。

【図16】

潤滑パラメータ説明画面を示す説明図である。

【図17】

寿命演算処理手順の前半部を示すフローチャートである。

【図18】

寿命演算処理手順の後半部を示すフローチャートである。

【図19】

汚染度係数の定義画面を示す説明図である。

【図20】

寿命補正係数算出用マップを含む寿命補正係数説明画面示す説明図である。

【図21】

結果出力画面を示す説明図である。

【図22】

説明画面を示す説明図である。

【図23】

変更選択画面を示す説明図である。

【図24】

転がり軸受が玉軸受である場合の粘度比 κ をパラメータとして荷重パラメータ $(P - P_u) / C \cdot (1 / a_C)$ と寿命補正係数 a_{NSK} との関係を示す特性線図である。

【図25】

転がり軸受がころ軸受である場合の粘度比 κ をパラメータとして荷重パラメータ $(P - P_u) / C \cdot (1 / a_C)$ と寿命補正係数 a_{NSK} との関係を示す特性線図である。

【図26】

粘度比 κ と潤滑パラメータ a_L との関係を示す特性線図である。

【図27】

パラメトリック表示の一例である。

【図28】

本発明の第2の実施形態を示す概略構成図である。

【図29】

WWWサーバで実行する軸受選定処理手順の一例を示すフローチャートである

【図30】

図29の最適運転条件決定処理手順の一例を示すフローチャートである。

【図31】

図29の最適軸受決定処理手順の一例を示すフローチャートである。

【図32】

軸受種別入力画面を示す説明図である。

【図33】

諸元情報入力画面を示す説明図である。

【図34】

寿命時間と汚染度係数及び軸受荷重との関係をパラメトリック表示するグラフを示す説明図である。

【符号の説明】

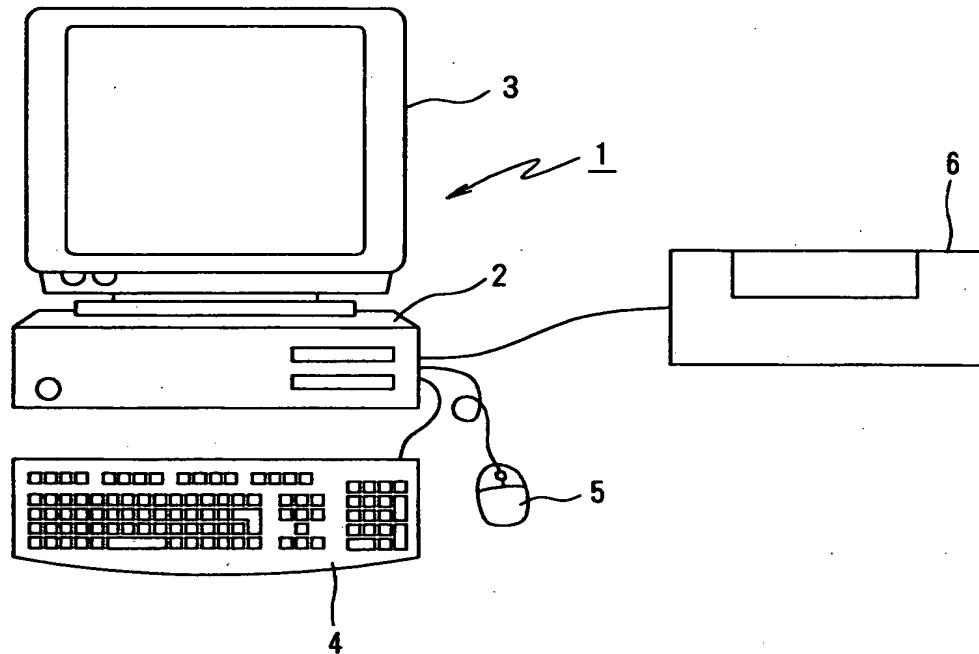
- 1 パーソナルコンピュータ
- 2 コンピュータ本体
- 3 ディスプレ
- 4 キーボード
- 5 マウス
- 6 プリンタ
- 1 1 中央演算処理装置
- 1 2 システムバス
- 1 3 記憶装置
- 1 4 ディスプレイコントローラ
- 1 5 キーボードインターフェース
- 1 6 マウスインターフェース
- 1 7 入出力インターフェース
- 1 8 ハードディスクコントローラ
- 1 9 ハードディスク
- 2 00 インターネット

特2000-364427

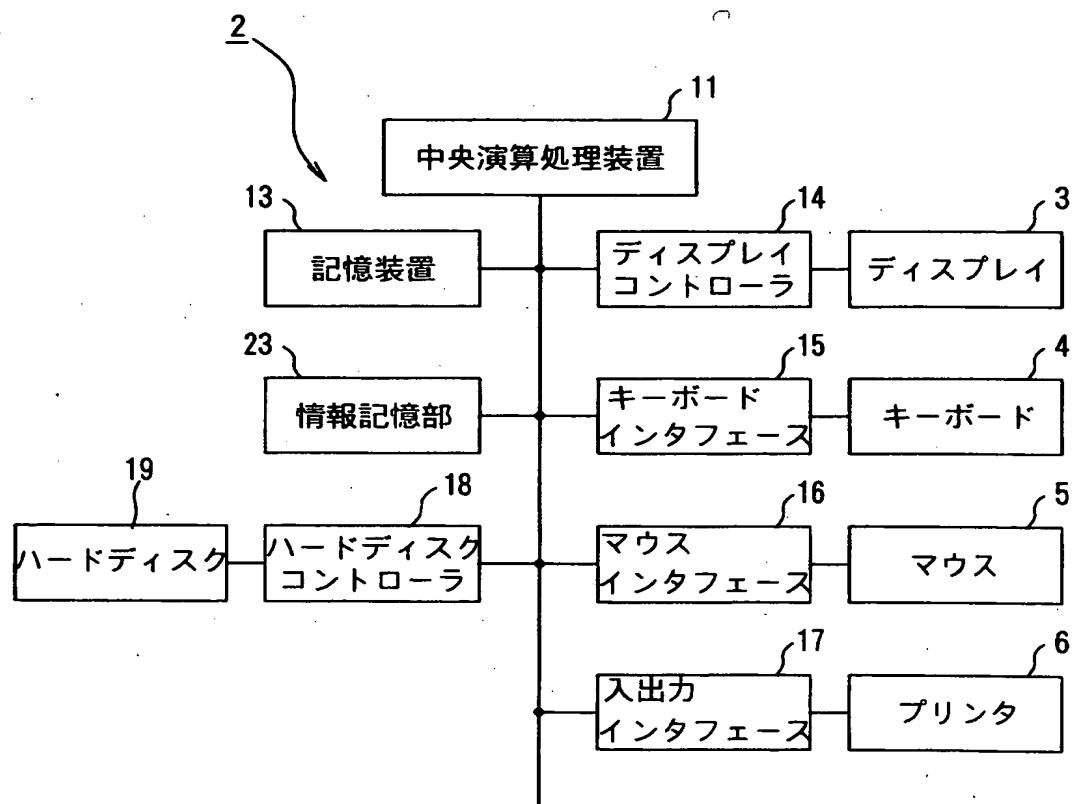
2.02 WWWサーバ

【書類名】 図面

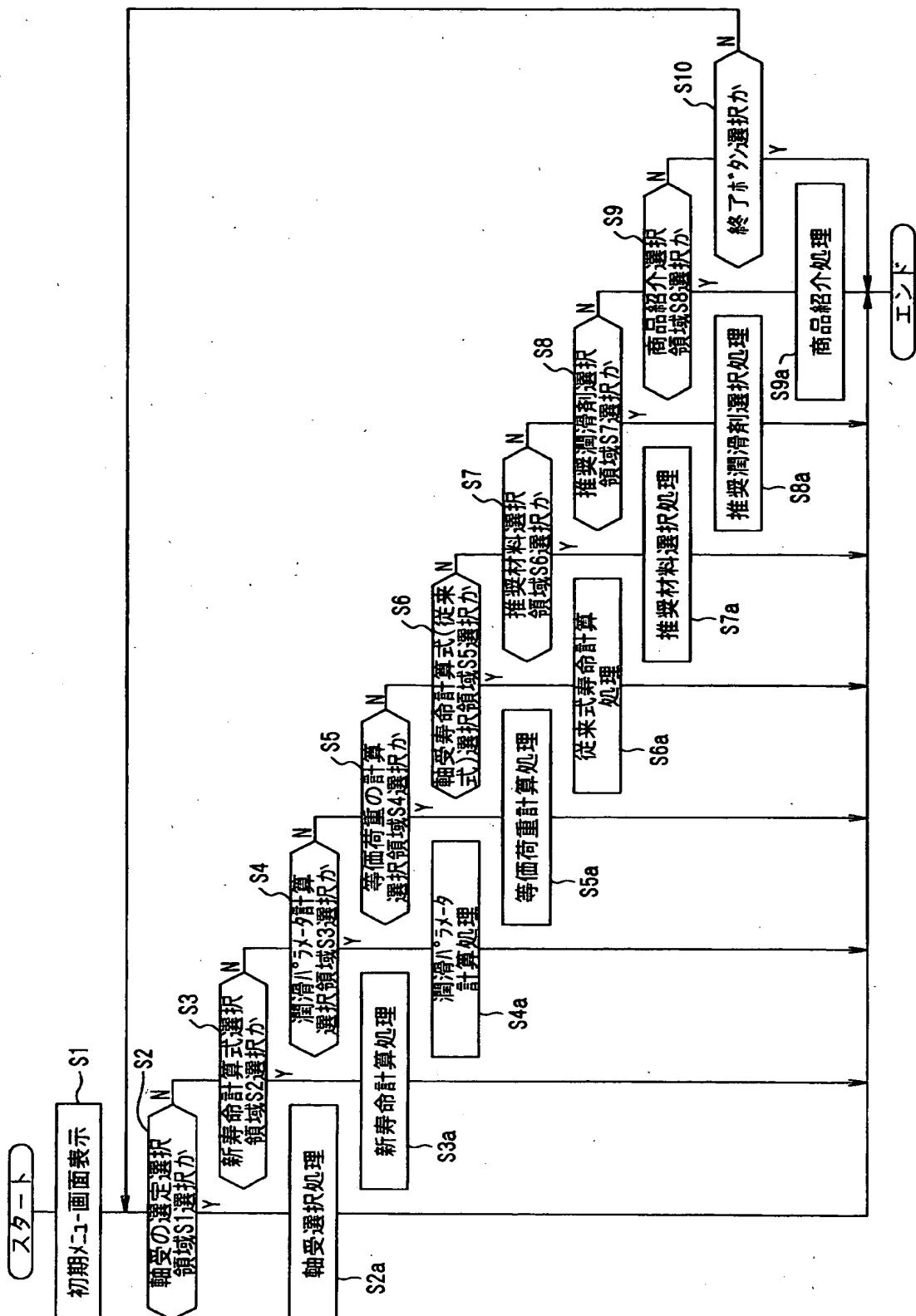
【図1】



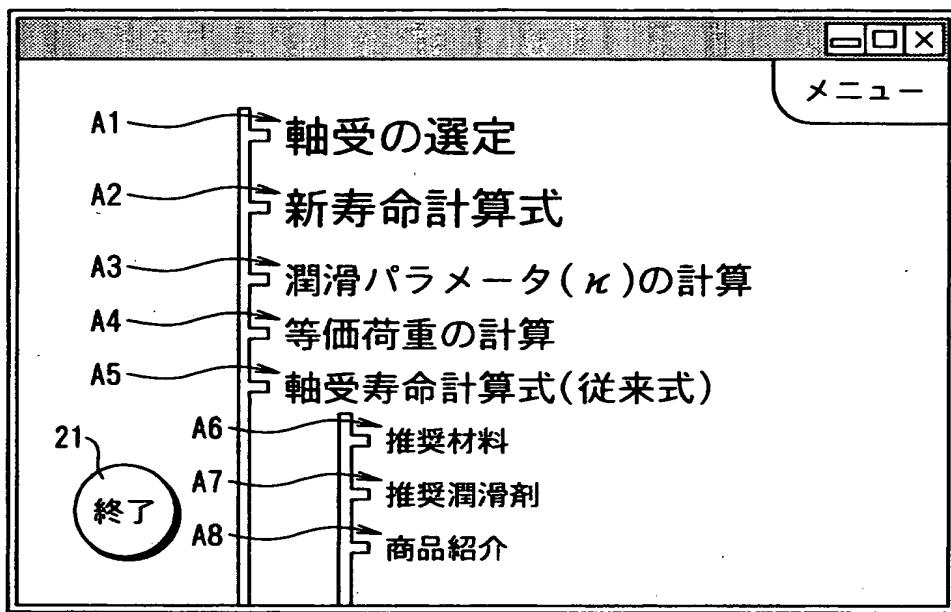
【図2】



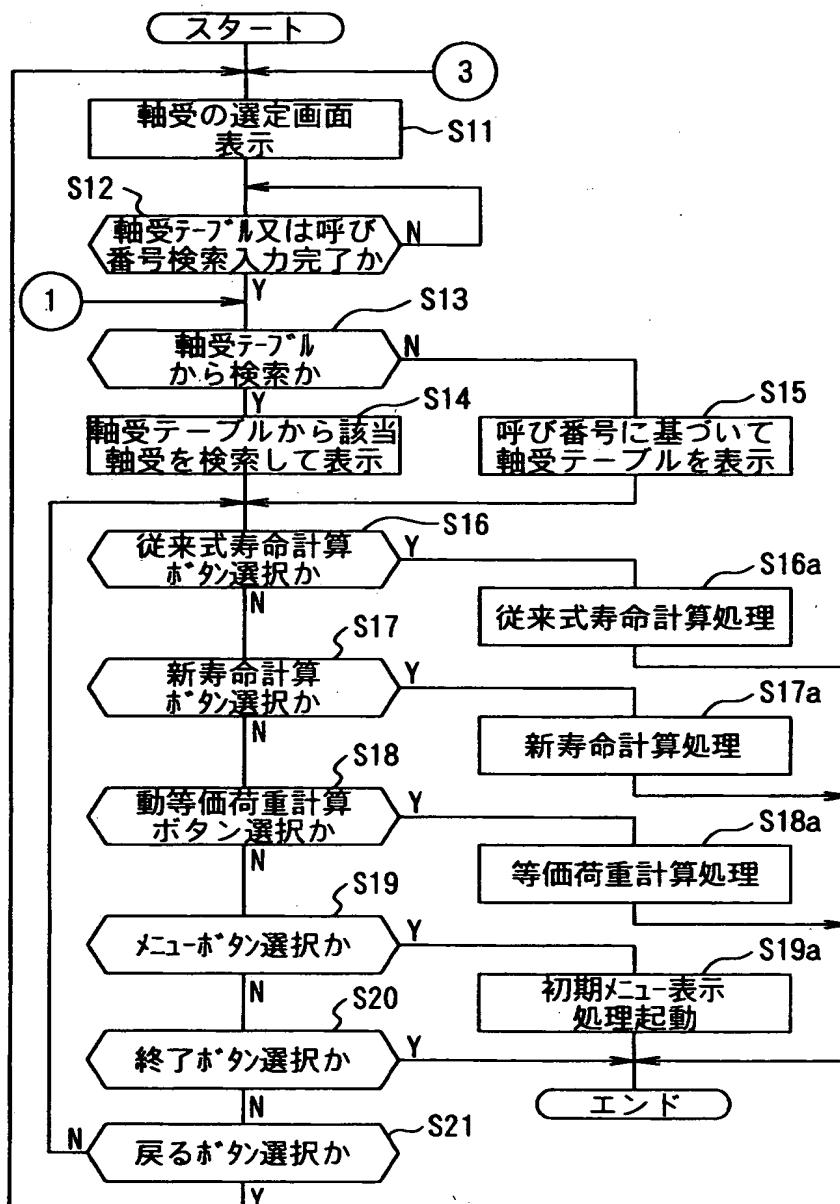
【図3】



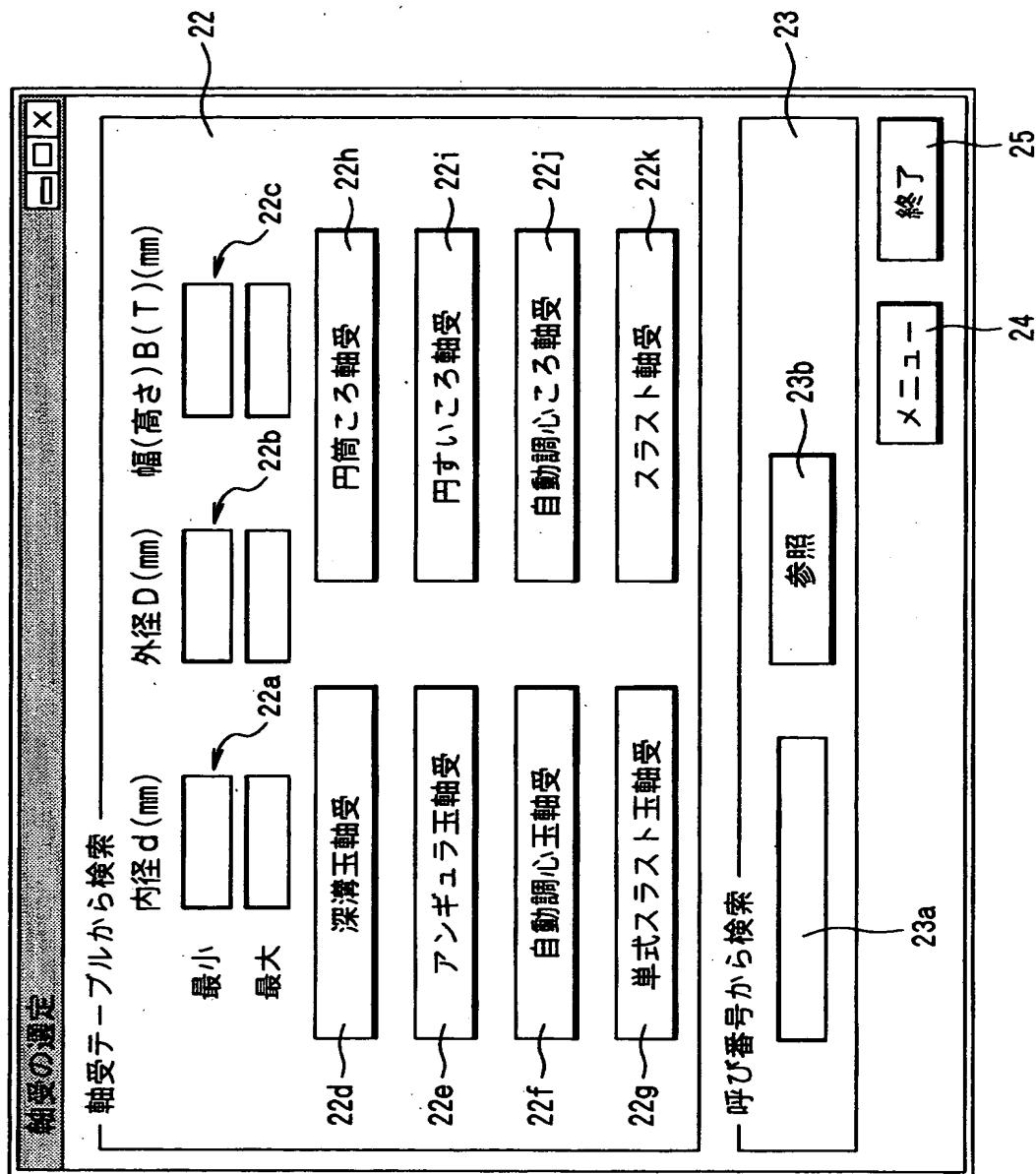
【図4】



【図5】



【図6】



【図7】

31

呼び番号	主要寸法(mm)				基本定格荷重(N)		係数 f_0	許容回転数(min [▲])
	d	D	B	r	Cr	Cor		
6800	10	19	5	0.3	1720	840	14.8	34000
6800DD	10	19	5	0.3	1720	840	14.8	24000
6800VV	10	19	5	0.3	1720	840	14.8	34000
6800ZZ	10	19	5	0.3	1720	840	14.8	34000
6900	10	22	6	0.3	2700	1270	14	32000
6900DD	10	22	6	0.3	2700	1270	14	22000
6900N	10	22	6	0.3	2700	1270	14	32000
6900NR	10	22	6	0.3	2700	1270	14	32000
6900VV	10	22	6	0.3	2700	1270	14	32000
6900ZZ	10	22	6	0.3	2700	1270	14	32000
6000	10	26	8	0.3	4550	1970	12.4	30000
6000DDU	10	26	8	0.3	4550	1970	12.4	22000

◀ ▶

図表示

軸受データ

従来式寿命計算

新寿命計算

動等価荷重計算

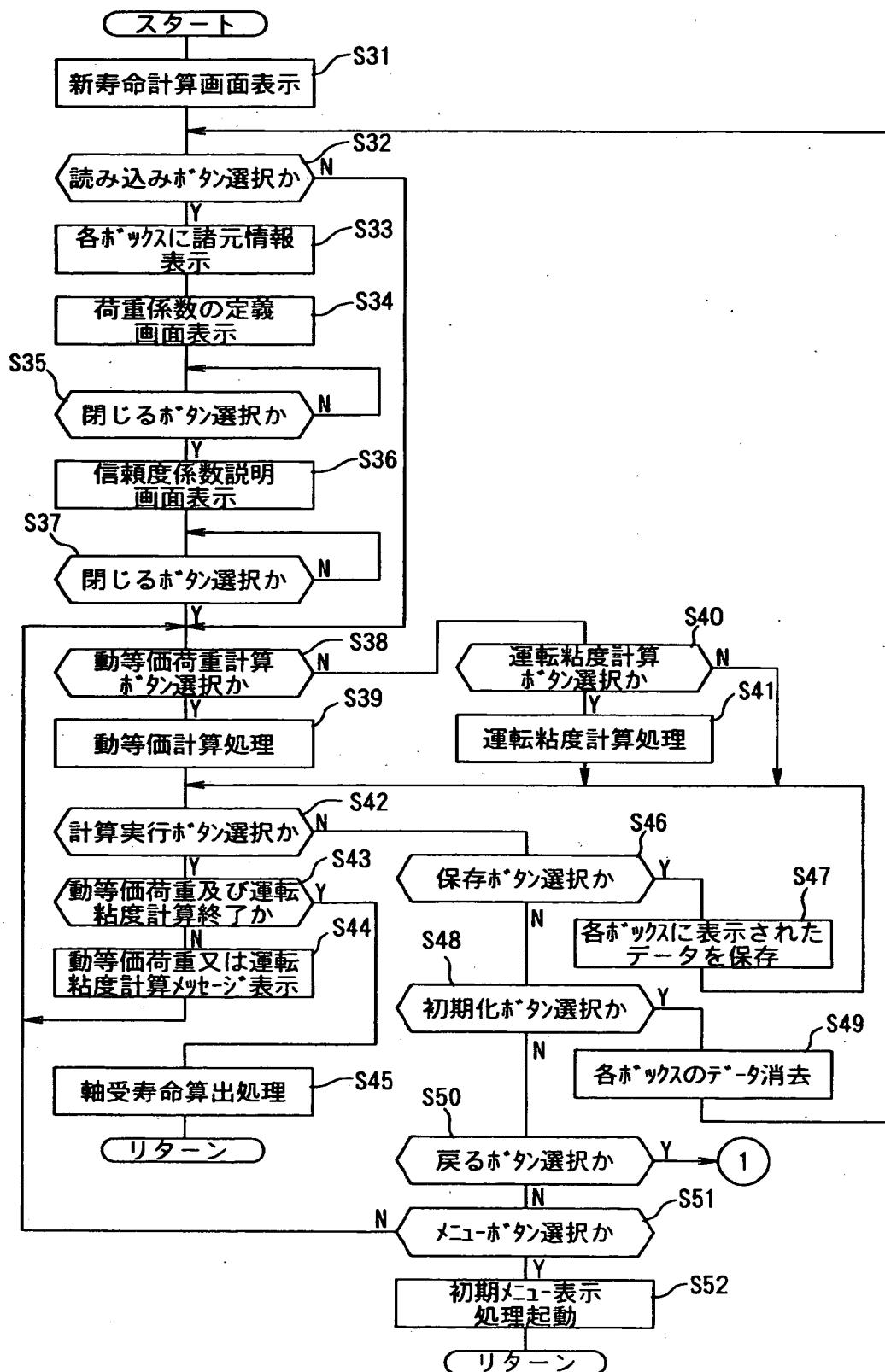
戻る

メニュー

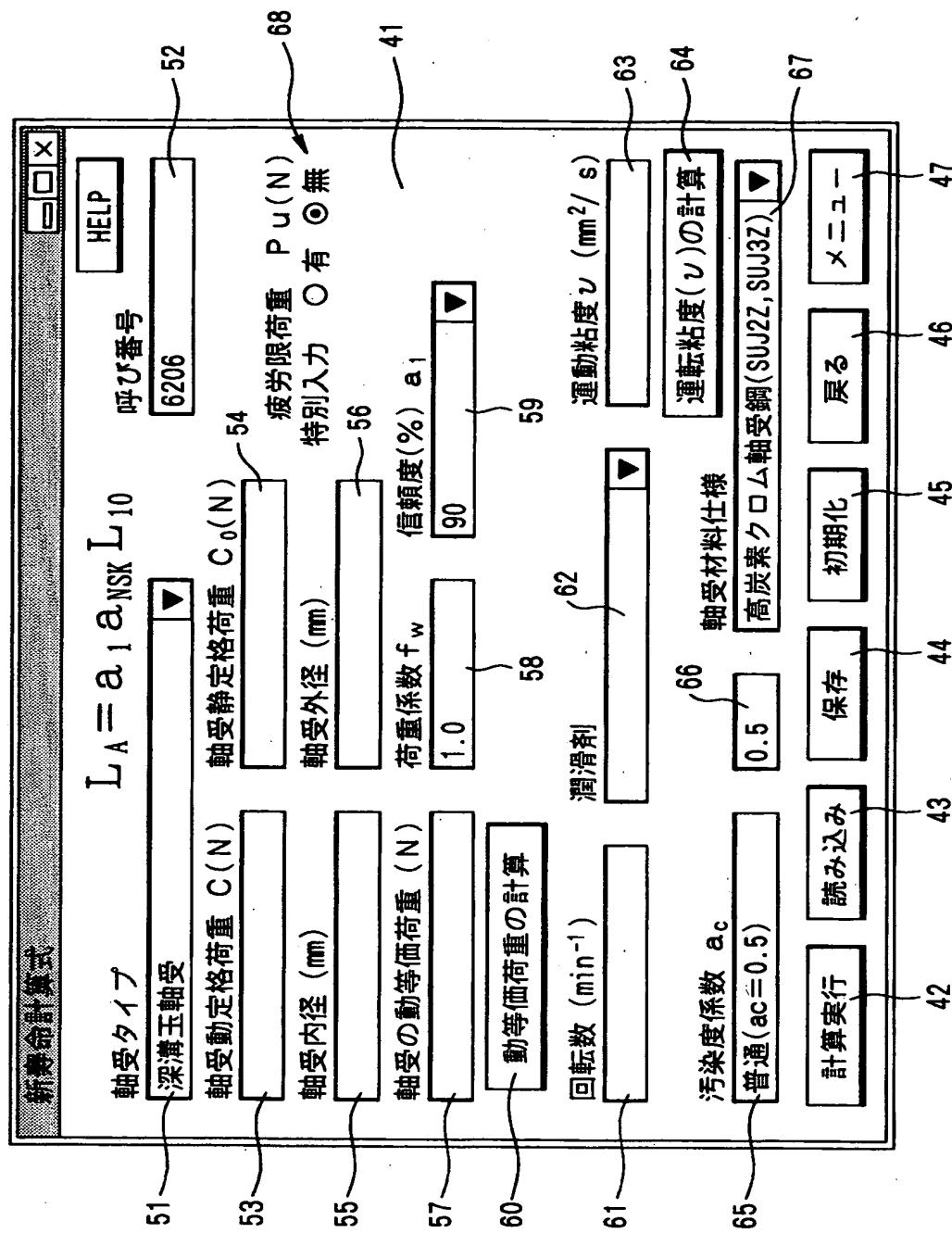
終了

32 33 34 35 36 37

【図8】



【図9】



【図10】

61

荷重系数の定義

軸受に作用する荷重は、一般的に軸受が支える物体の重量、回転体の自重、歯車やペルトの伝達力及び機械の運動によって生じる荷重である。これらの荷重は、理論的に数値計算できるものもあるが、計算が困難なものもある。また、機械は運動中に振動や衝撃を伴うものが多く、軸受に作用する荷重のすべてを正確に求めることは難しい。従って、計算荷重に経験的に得られた係数である荷重係数(f_w)を補正して、作用する荷重を考慮しなくてはならない。

ラジアル荷重やアキシャル荷重が計算により求められても、実際に軸受にかかる荷重は、機械の振動や衝撃によって計算値よりも大きくなることが多い。

その荷重は、次式にて求められる。

$$\left. \begin{array}{l} F_r = f_w \cdot F_{r0} \\ F_a = f_w \cdot F_{ao} \end{array} \right\} \quad \text{ここで, } F_r, F_a : \text{軸受に作用する荷重 (N)} \\ F_{r0}, F_{ao} : \text{理論上の計算荷重 (N)}$$

f_w : 荷重係数

荷重係数 f_w は、下表に示す値を目安とする。

運転条件	使用箇所	f_w
衝撃のない円滑運動のとき	電動機、工作機械、空調機械	1~1.2
普通の運動のとき	送風機、コンプレッサー、エバータ、クレーン、製紙機械	1.2~1.5
衝撃・振動を伴う運動のとき	建設機械、クラシヤ、振動ぶるい、圧延機	1.5~3

閉じる 62

【図11】

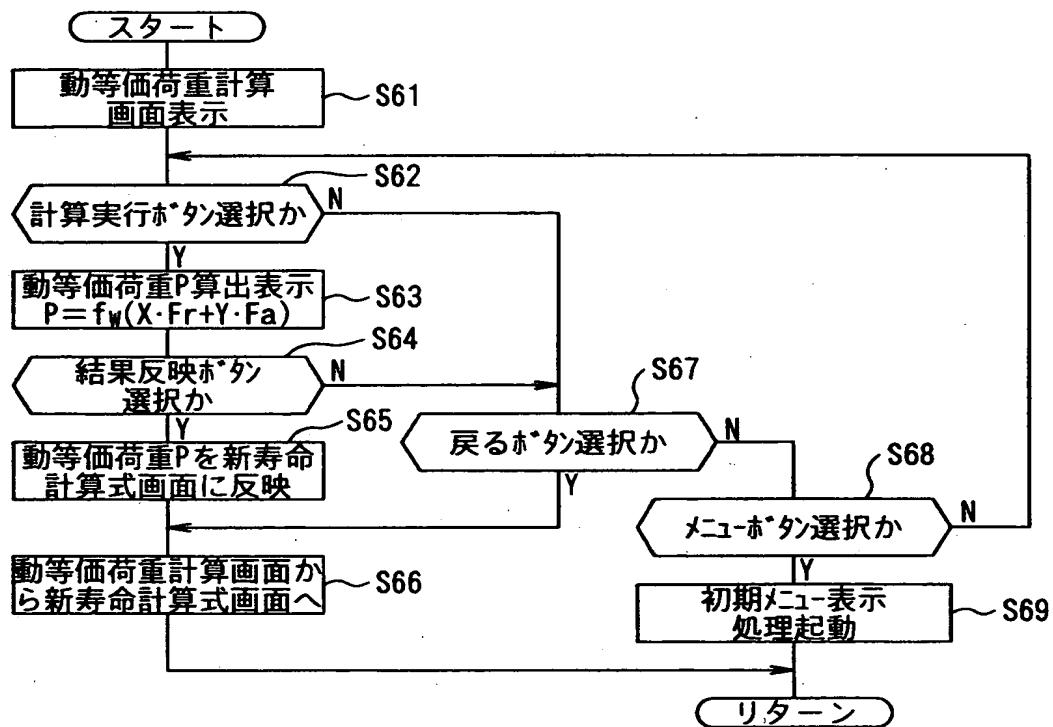
転がり疲れに至る軸受のフレーキング現象は、統計学的な確率に支配されている。
従つて、転がり疲れ寿命の計算には、信頼度といつた確率を導入する必要がある。
この信頼度係数 α_1 は、下表に示すように90%以上の信頼度に関して、
補正する係数である。
63

例えば、信頼度99%の疲れ寿命に対しては、信頼度係数 $\alpha_1 = 0.21$ の値を用いる。

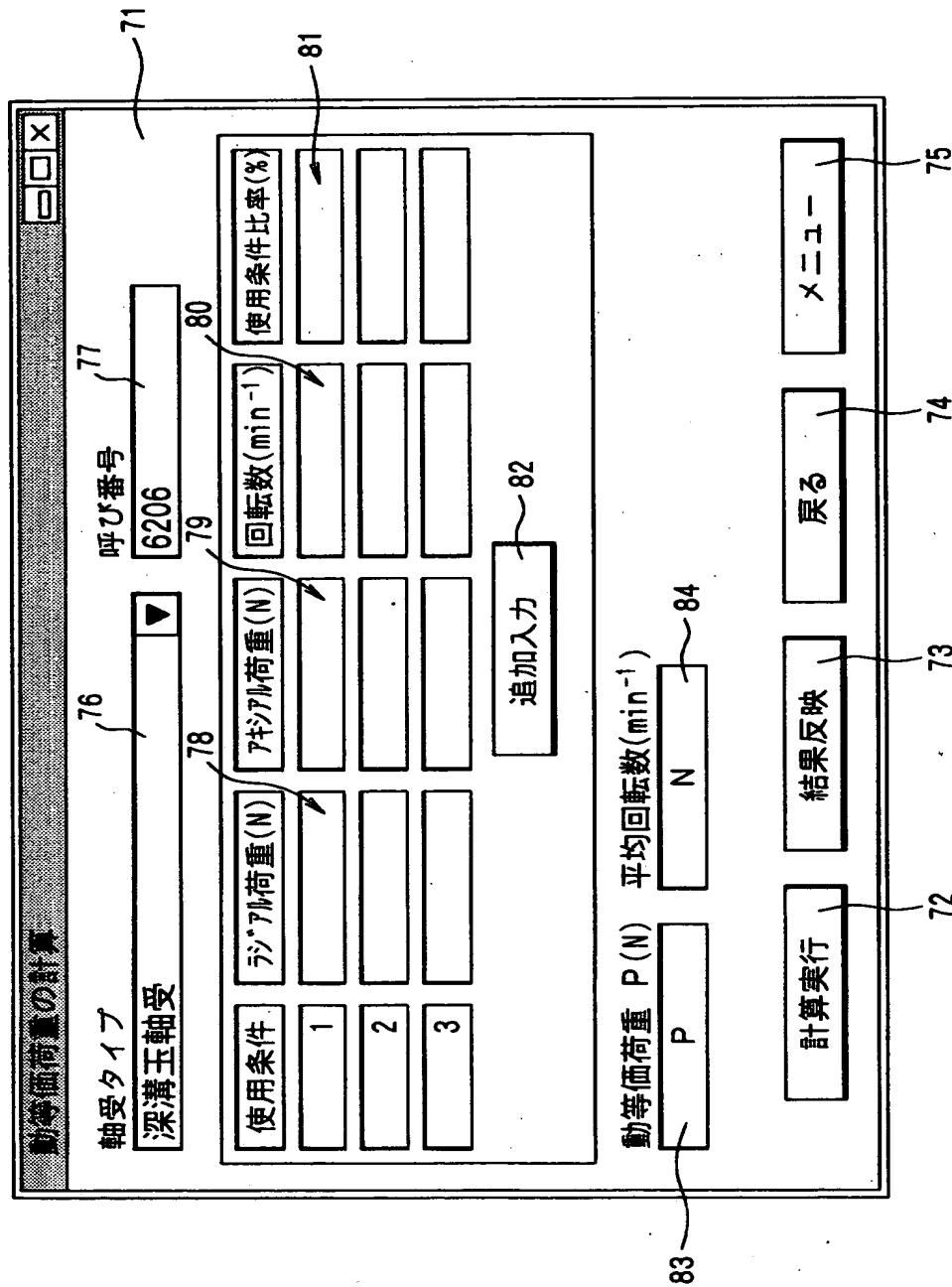
フレーキング・確率(%)	10	5	4	3	2	1
疲れ寿命	L_{10}	L_5	L_4	L_3	L_2	L_1
信頼度(%)	90	95	96	97	98	99
α_1	1.00	0.62	0.53	0.44	0.33	0.21

閉じる 64

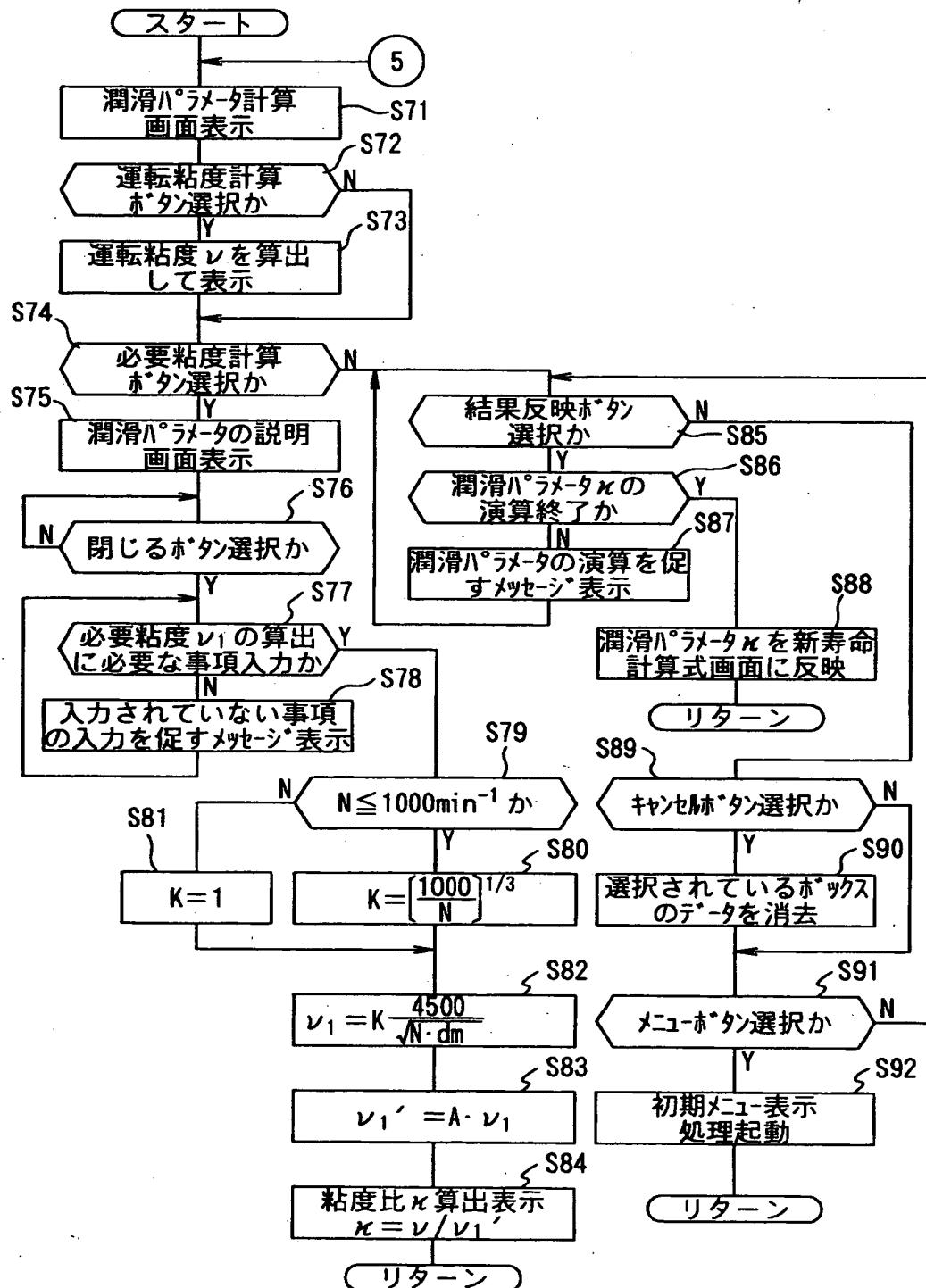
【図12】



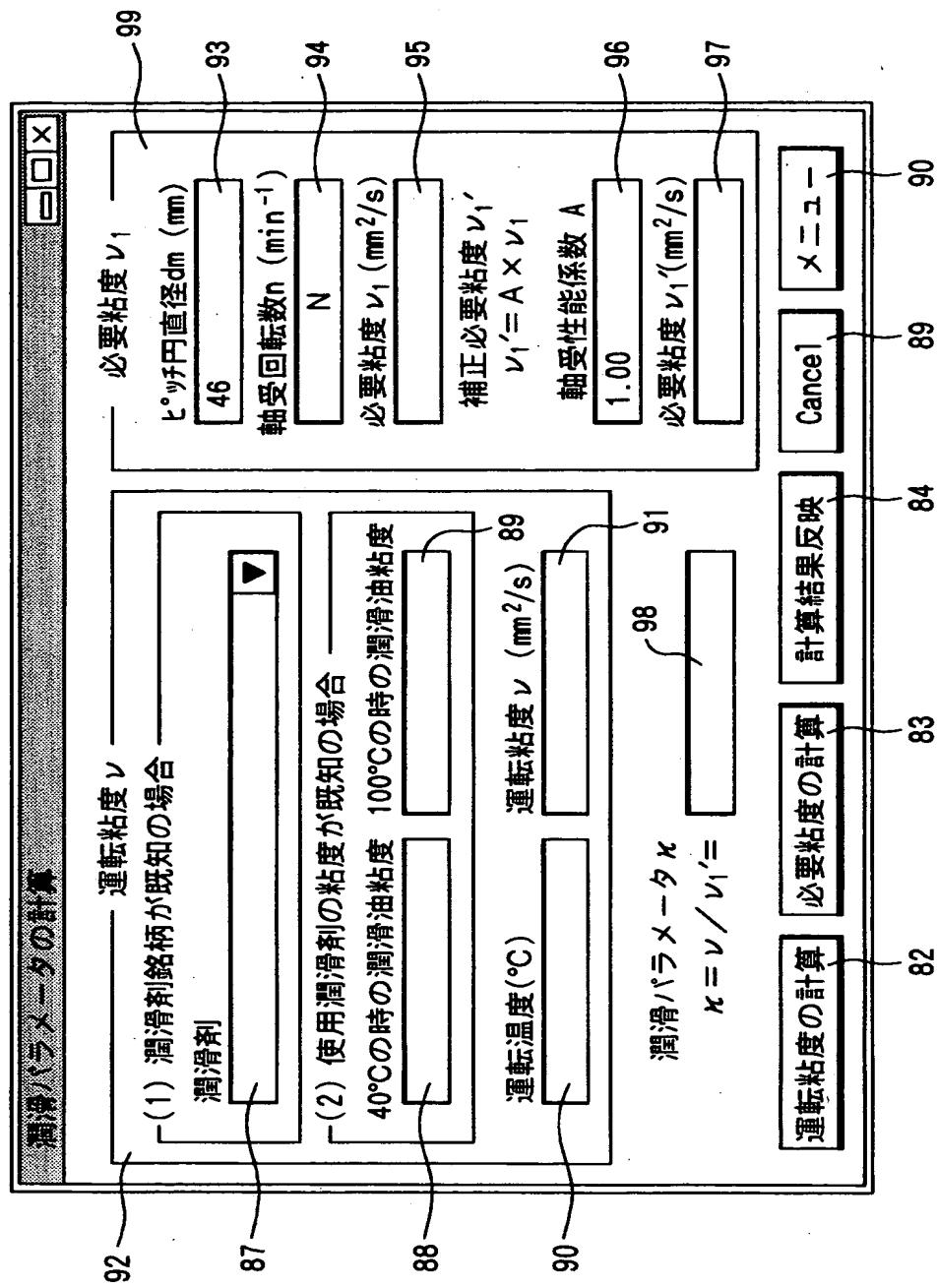
【図13】



【図14】



【図15】



【図16】

転がり軸受を使用する際、潤滑状態を良好にすることにより、軸受寿命を向上させることができるとなる。潤滑パラメータ(κ)の考え方では、軸受が運転する際の油膜厚さを考慮するものであり、粘度比 $\kappa = (v/v_1)$ の式にて算出される。 κ が大きくなると潤滑状態が良好となり軸受寿命が向上し、 κ が小さくなると潤滑状態が悪くなり寿命が低下する。

v : 運転温度における使用潤滑油の動粘度 (mm²/s)
 v_1 : 運転温度における必要粘度 (mm²/s)

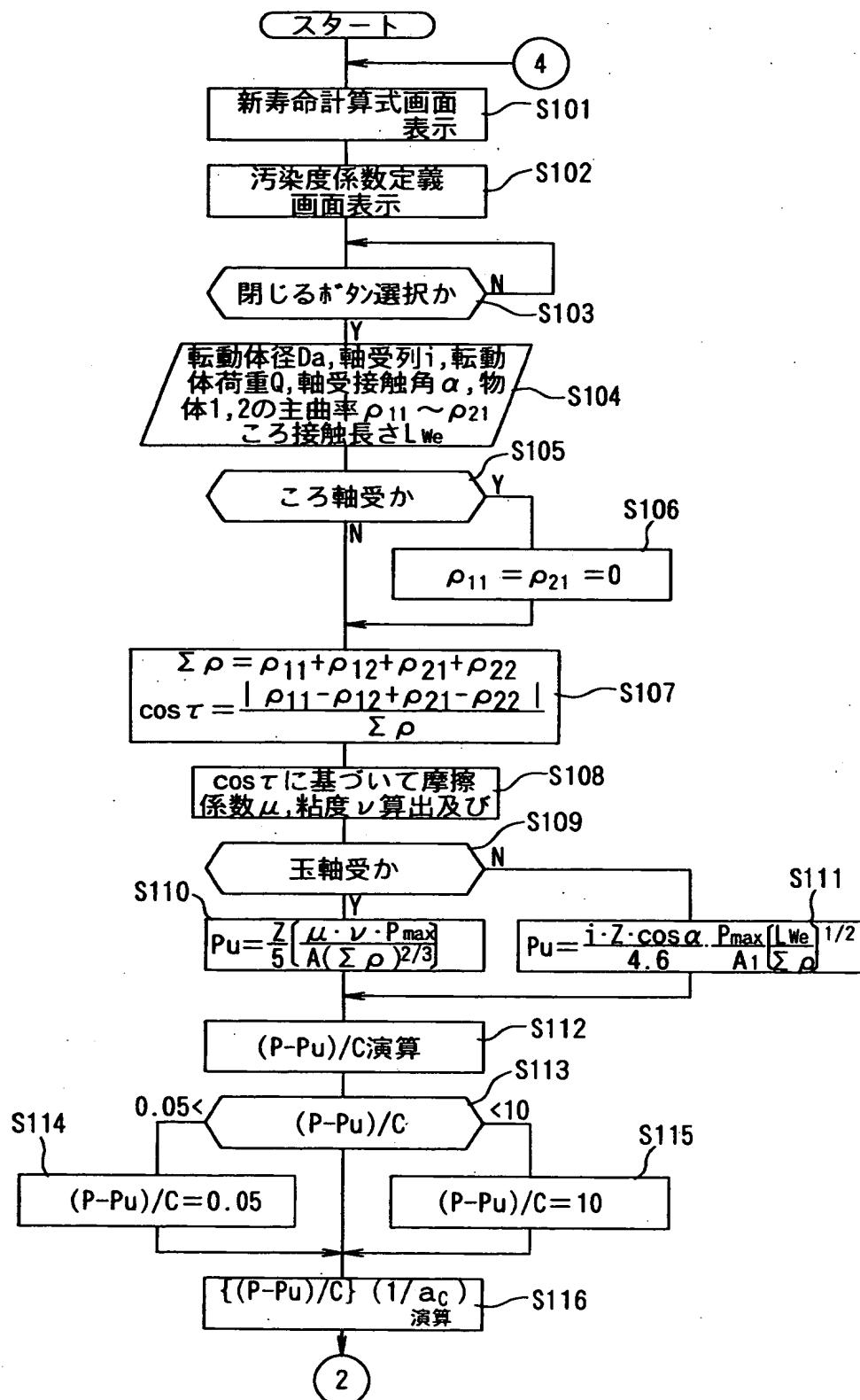
$$v_1' = A \times v_1$$

v_1' : 準正必要粘度 (mm²/s)

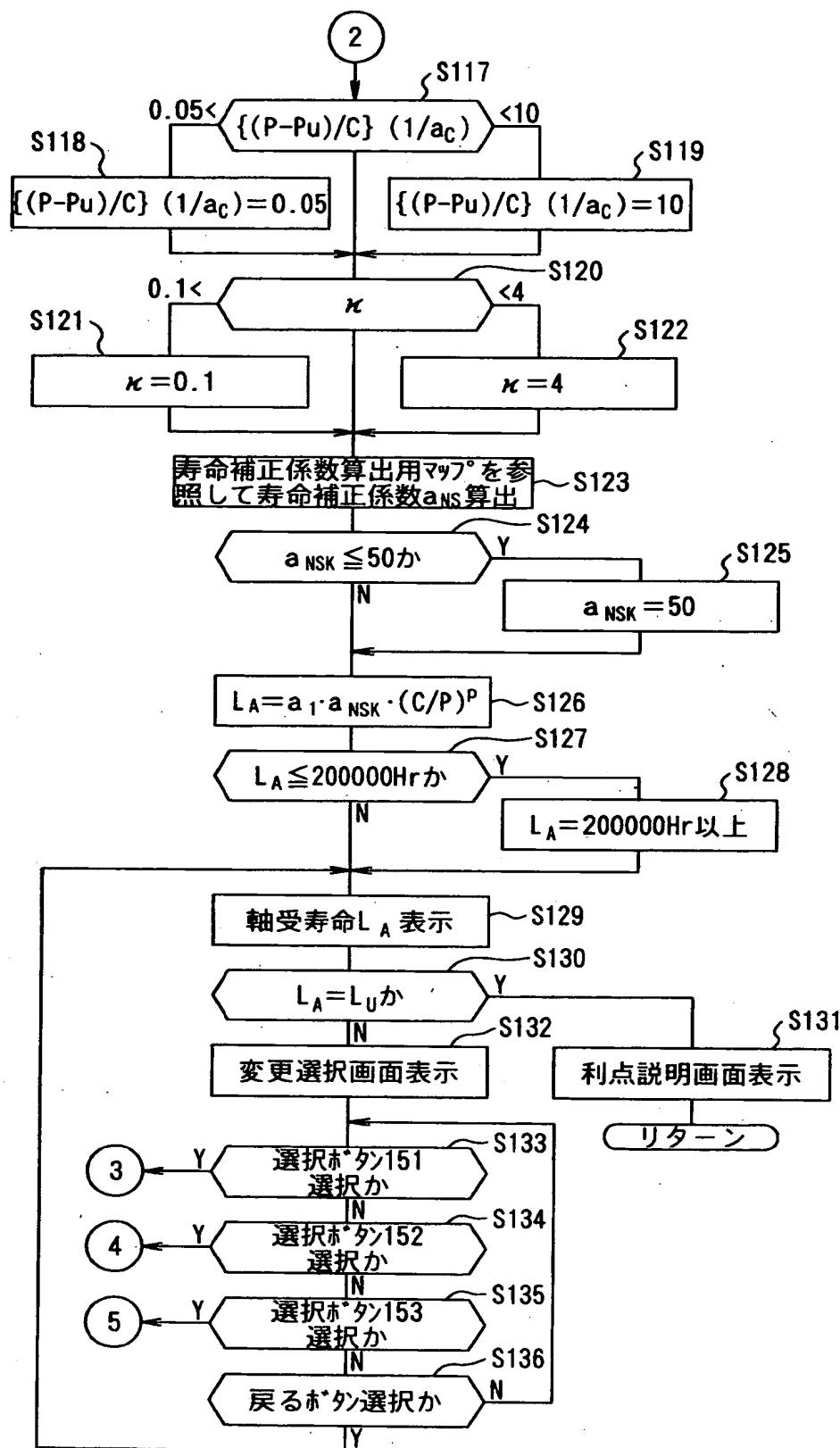
A : 軸受性能係数、通常は $A = 1.0$ となる。
 軸受性能(真円度、粗さなど)が
 良好な場合は $A < 1.0$ と設定する。

閉じる

【図17】



【図18】



【図19】

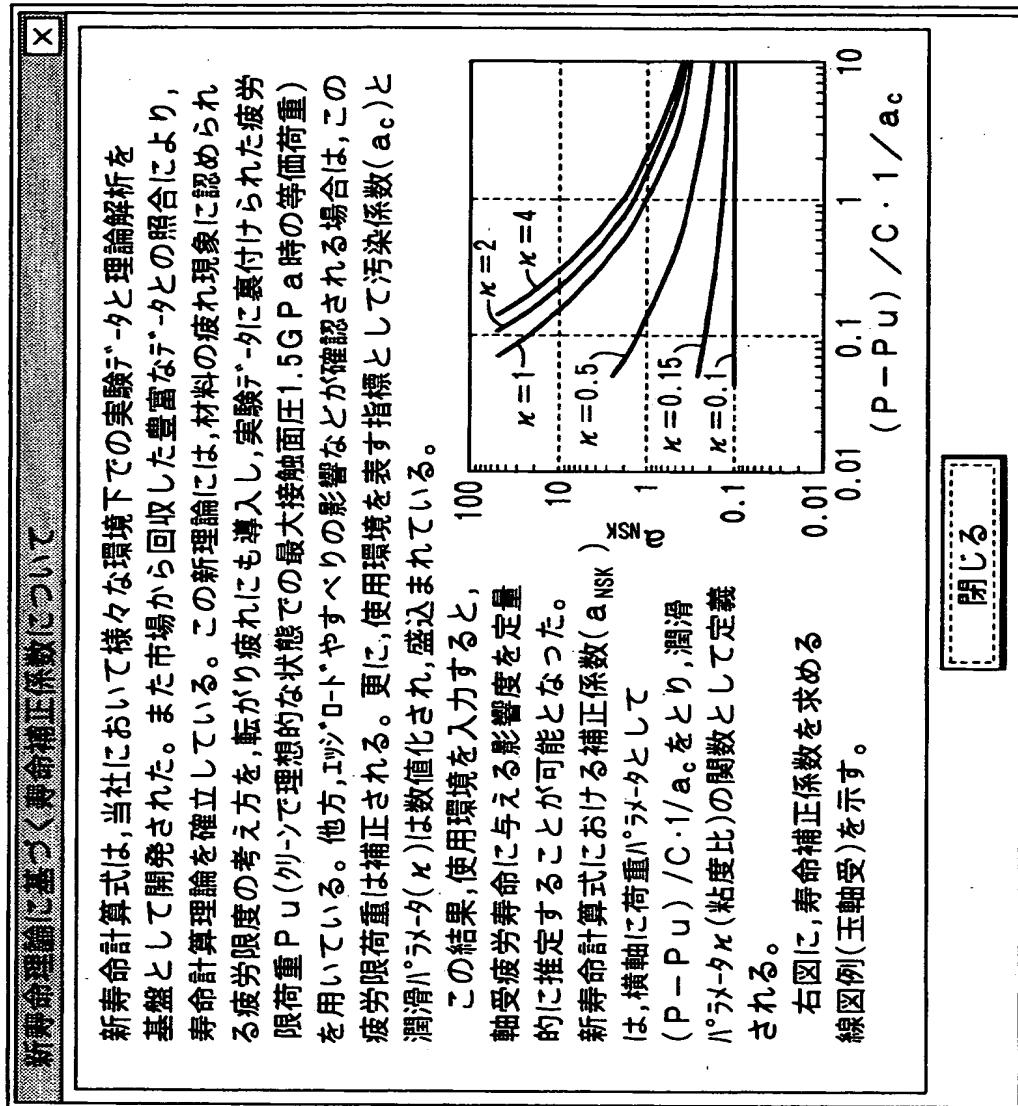
121

軸受の運転中に、外部から異物が混入した場合、転がり面に圧痕を生じ、圧痕部の応力集中により、フレーキングが発生する。新寿命計算式では、この環境状態を5段階の適用例にて分類し、下記表の汚染度係数(a_c)を定めている。

	極めて清浄	清浄	普通	汚染	重汚染
a_c	1	0.8	0.5	0.4~0.1	0.05
適用の目安	10 μm 未満 フィルタ-管理	10~30 μm フィルタ-管理	30~100 μm フィルタ-管理	100 μm を超える フィルタ-又は フィルタ-管理無し (油浴、循環給油 タイ \circ 等)	・フィルタ-無し ・多量の 粉塵混入
アリーフィヨン例	電機情報用 密封グリース 軸受等	電動機用密封 グリース軸受 ・鉄道車両用密 封グリース軸受 ・工作機械用密 封グリース軸受 等	・通常使用 ・オーフ-タイ \circ グリース軸受 等	・自動車トラン ミジョン用 ・自動車ワーウ ・減速機用 ・土木建設 機械用 等	

閉じる → 122

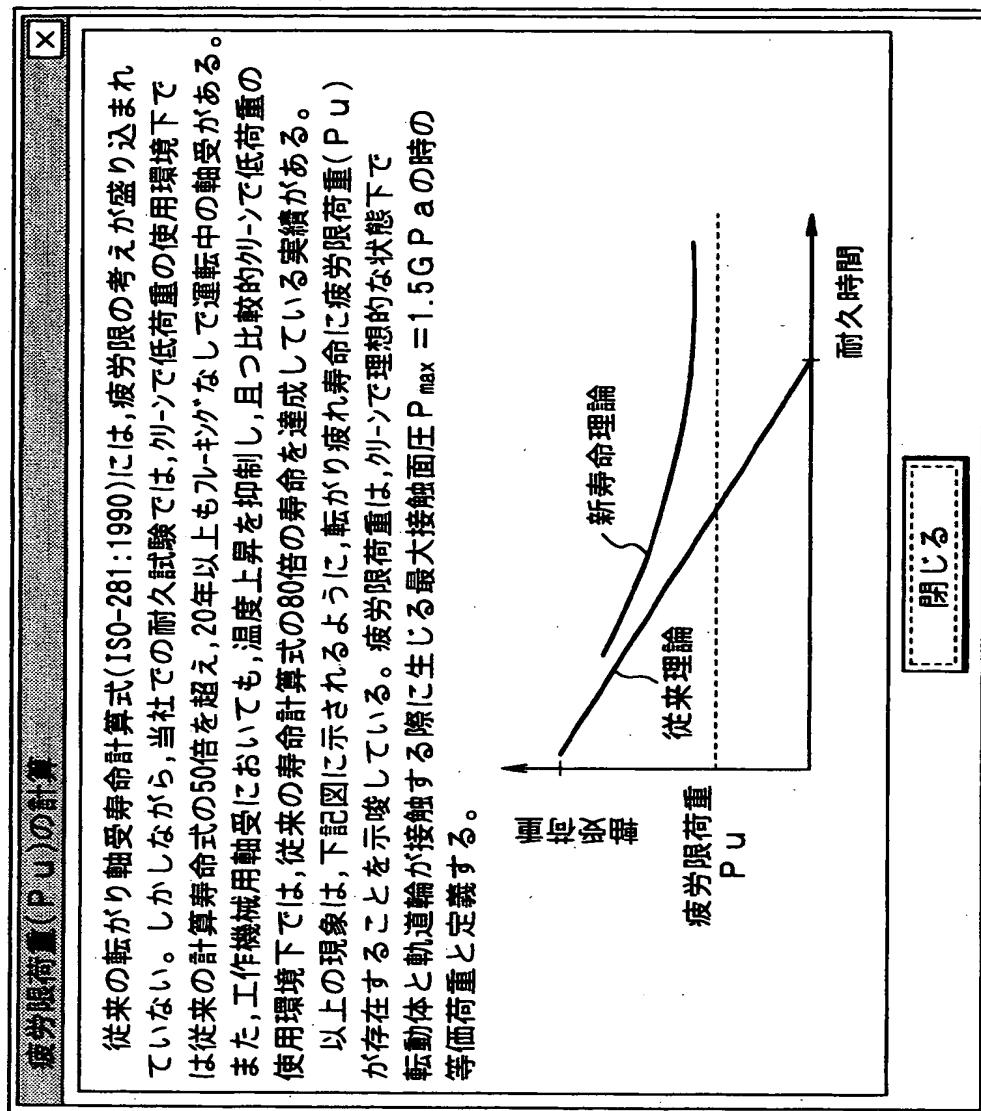
【図20】



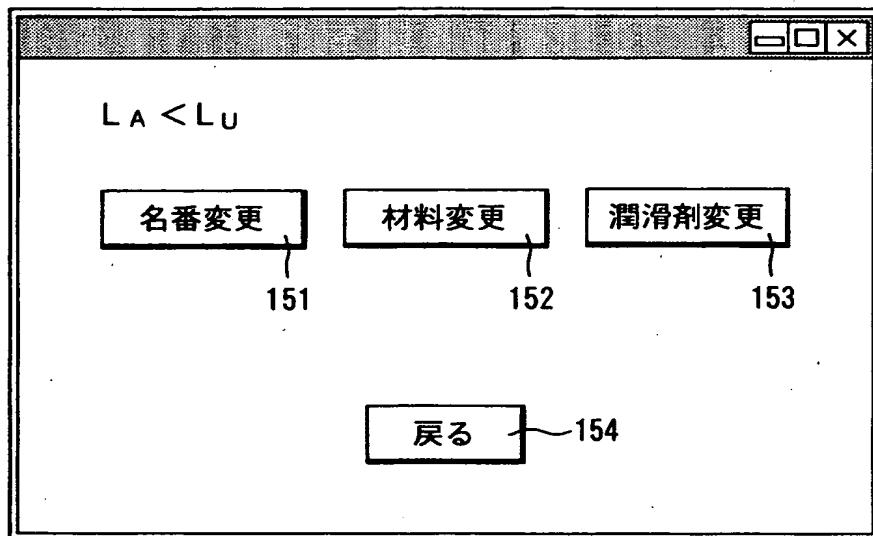
【図21】

結果出力	呼び番号
軸受タイプ 深溝玉軸受	136 6206
軸受動定格荷重 19 500 N	軸受静定格荷重 11 300 N
軸受動等価荷重 5 000 N	回転数 5 000 min^{-1}
汚染度係数 a _c = 0.50	粘度比 $\kappa = 3.04$
$L_A = a_1 a_{NSK} L_{10}$ $144 \quad a_1 \quad a_{NSK} \quad L_{10}(h) \quad L_A(h)$ $143 \quad 1.00 \quad 4.08 \quad 198 = 806$	
<input type="checkbox"/> 印刷 <input type="checkbox"/> 戻る <input type="checkbox"/> ニュース	

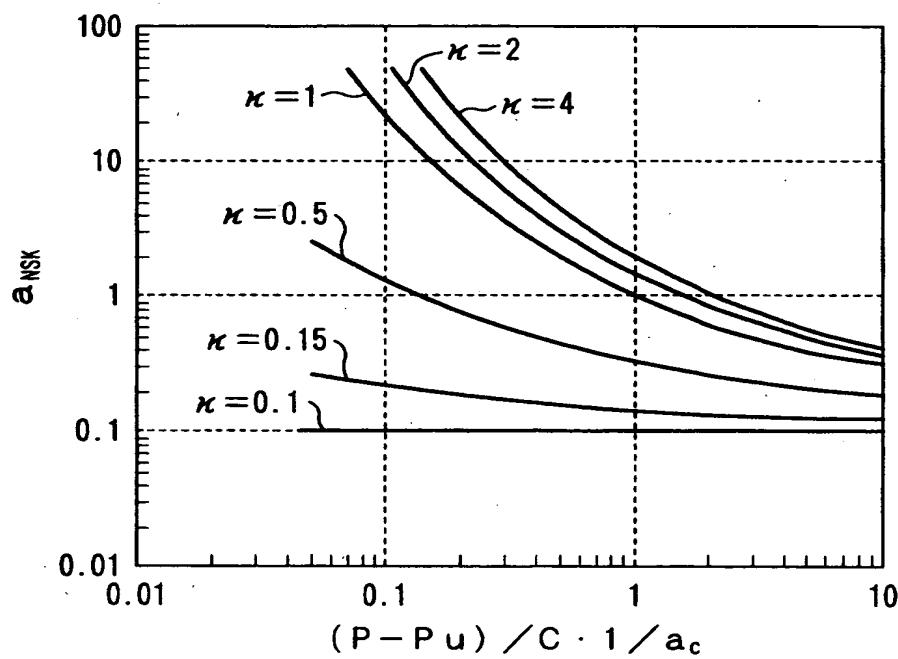
【図22】



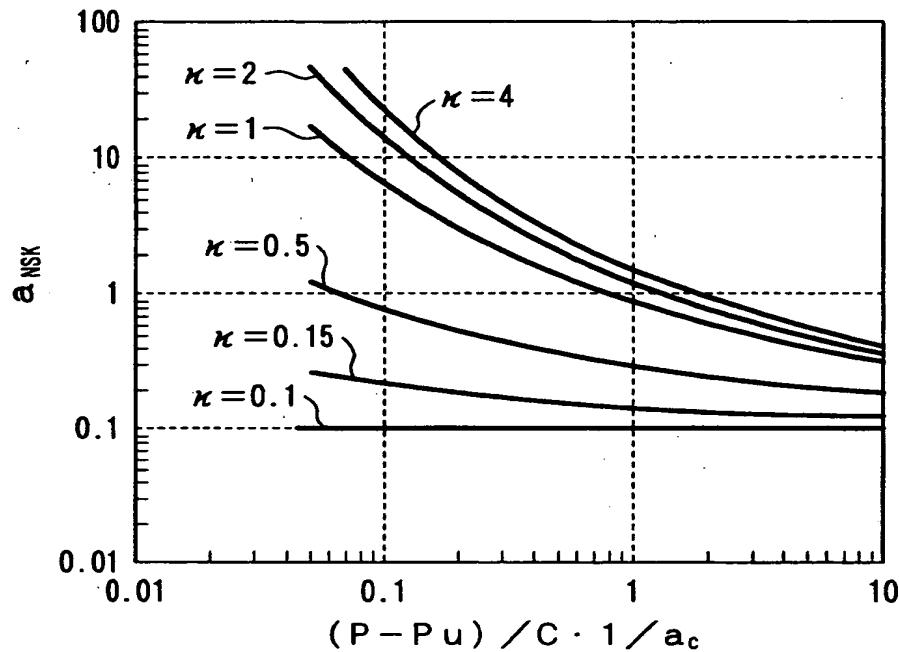
【図2.3】



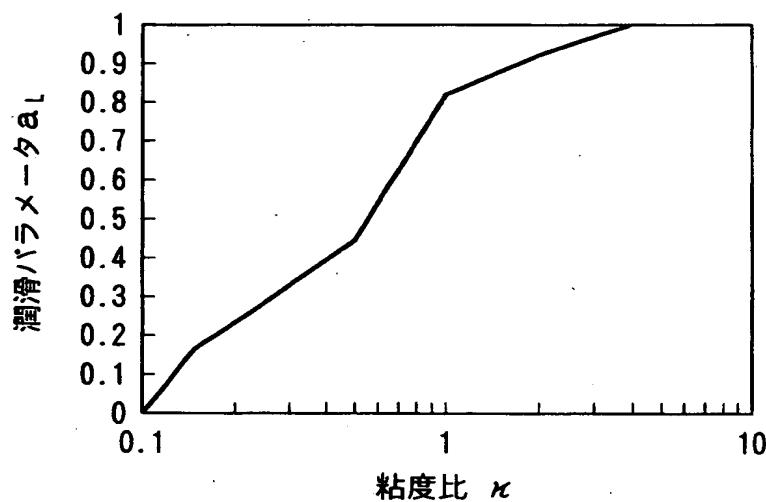
【図2.4】



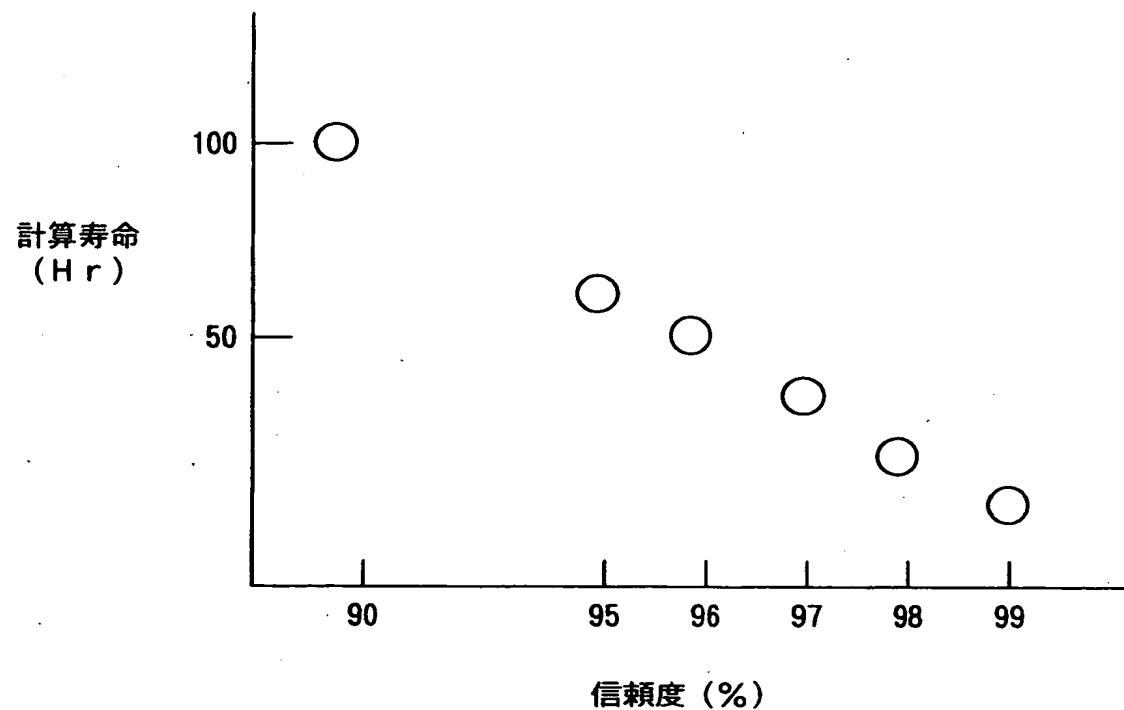
【図25】



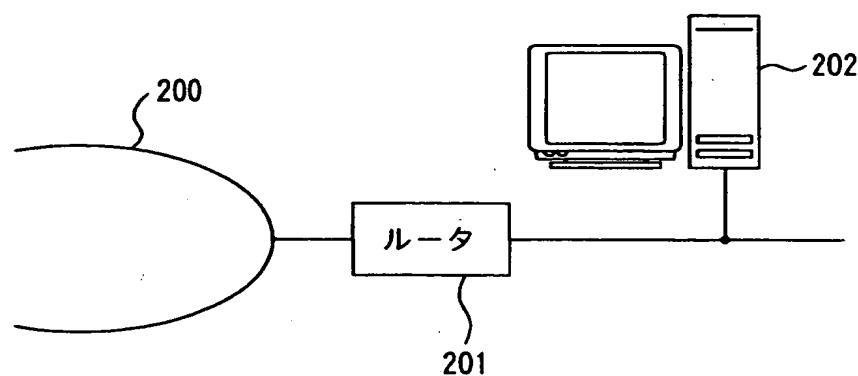
【図26】



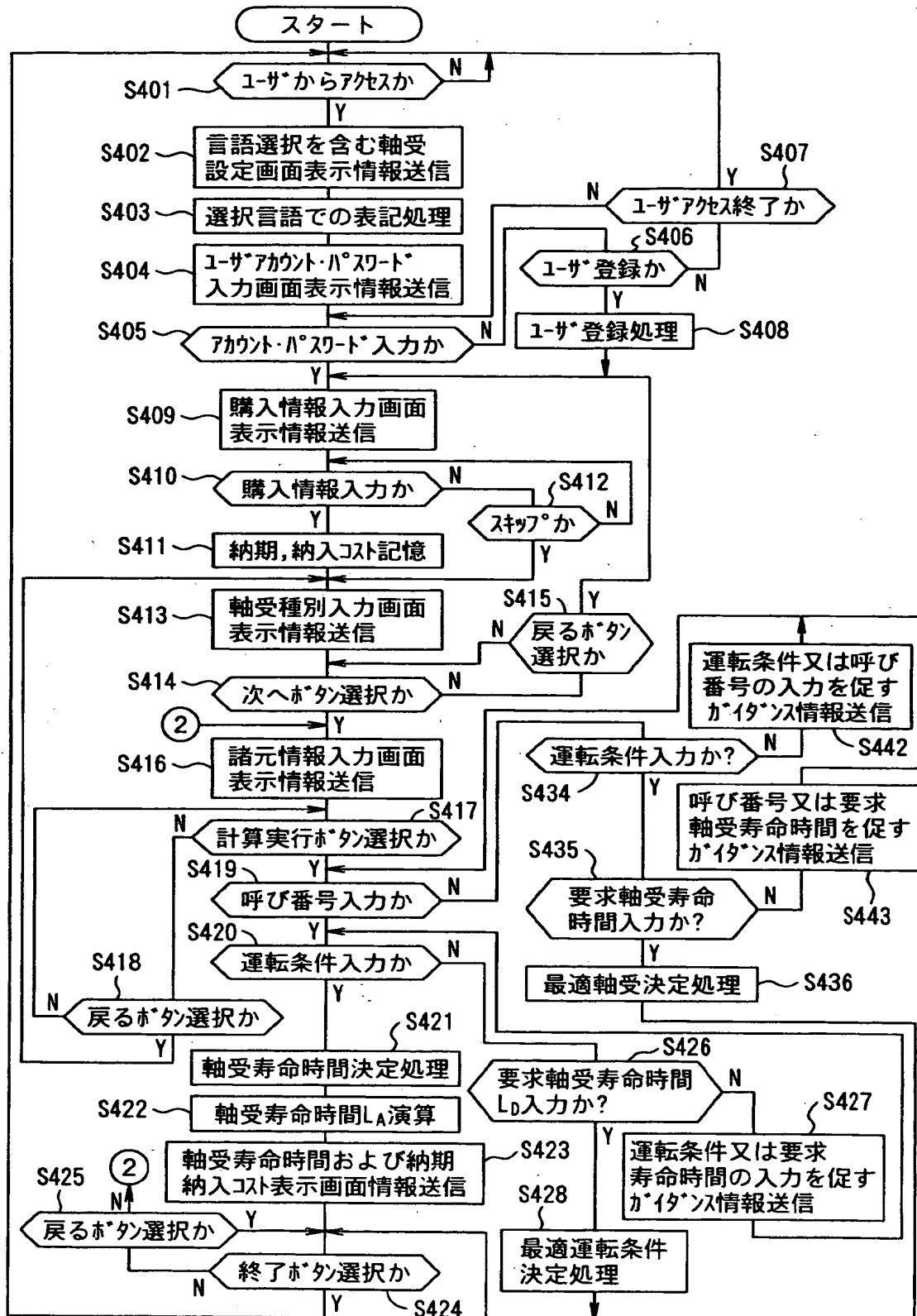
【図27】



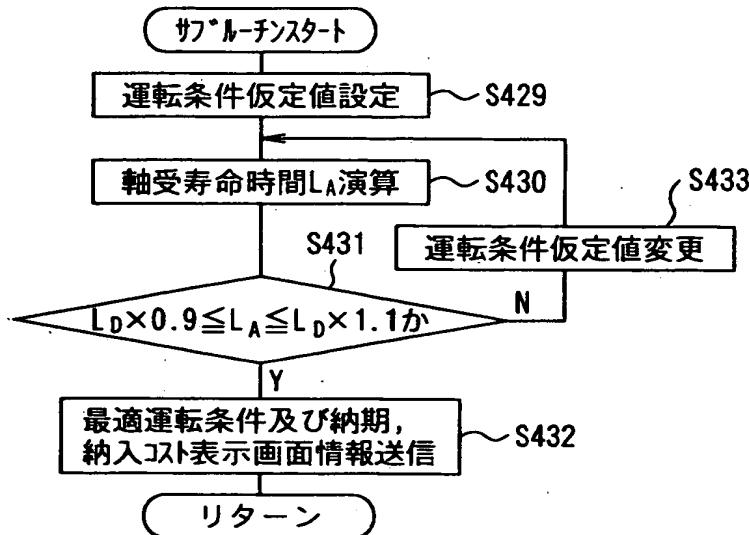
【図28】



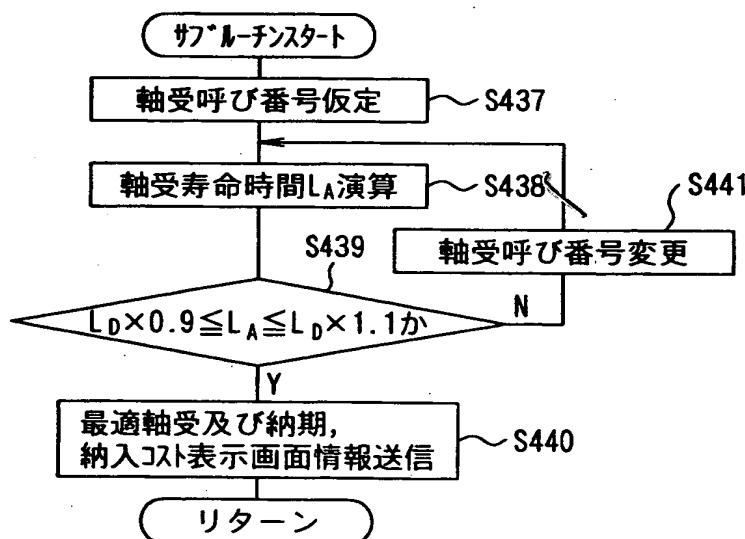
【図29】



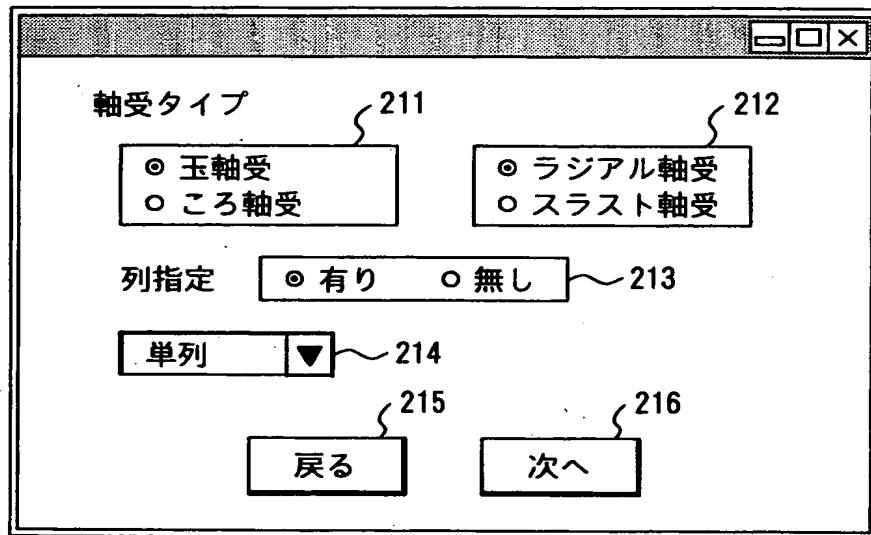
【図30】



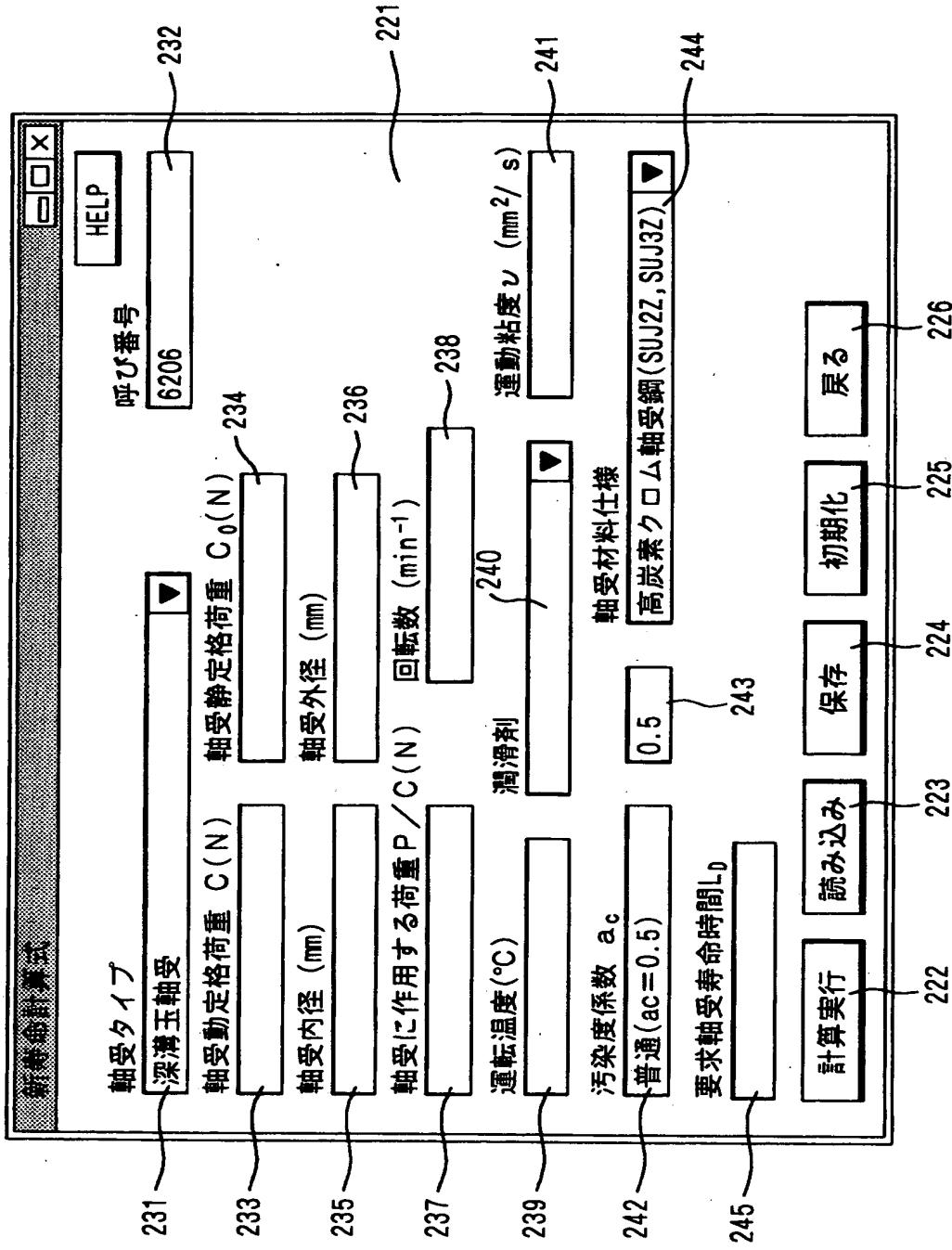
【図31】



【図32】

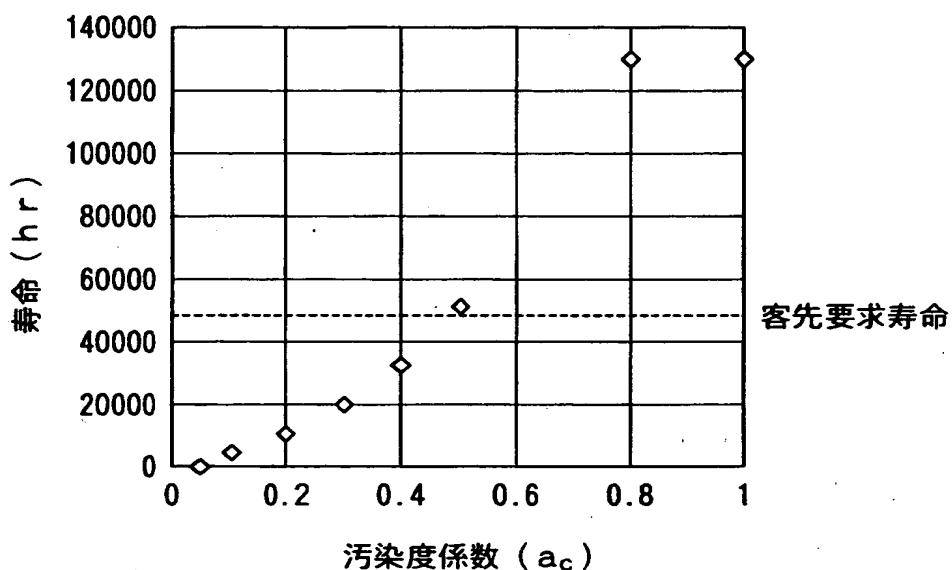


【図33】

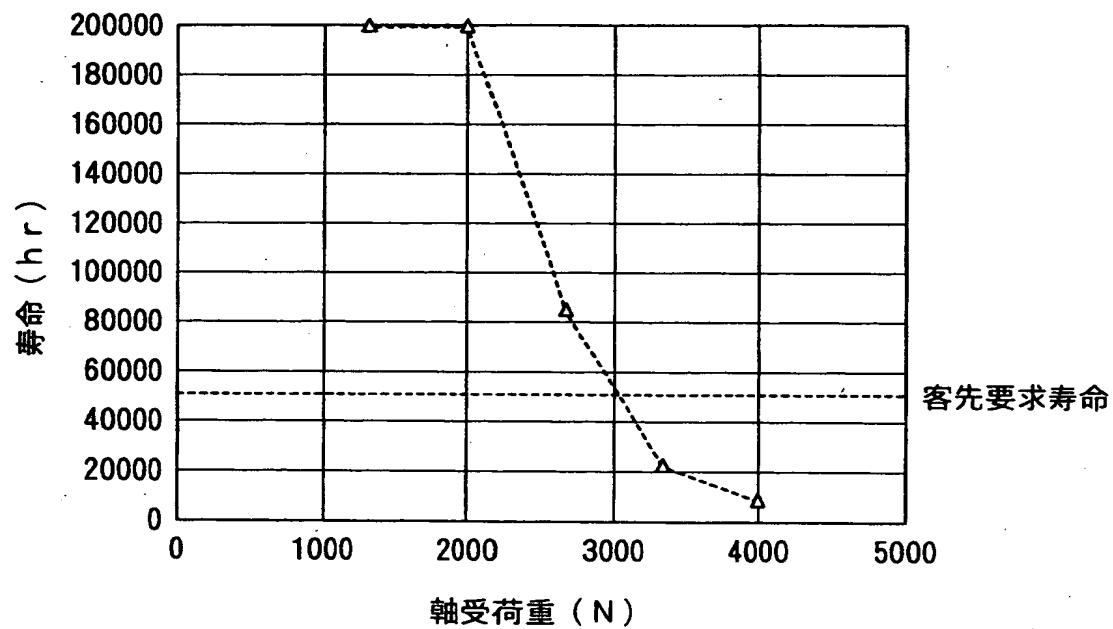


【図34】

(a)



(b)



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 転がり軸受の寿命を実際の転がり軸受寿命に則した的確な寿命予測を行ふ。

【解決手段】 転がり軸受の諸元情報から動等価荷重 P を算出し、次いで信頼度係数 a_1 を決定し、使用する潤滑剤に応じた潤滑パラメータ a_L を算出し、さらに材料係数を考慮して汚染度係数 a_C を決定し、前記諸元情報に基づいて疲労限度荷重 P_u を算出してから荷重パラメータ $\{(P - P_u) / C\} \cdot 1 / a_C$ を算出し、潤滑パラメータ a_L と荷重パラメータ $\{(P - P_u) / C\} \cdot 1 / a_C$ とともに寿命補正係数算出用マップを参照して寿命補正係数 a_{NSK} を算出し、軸受寿命 L_A を $L_A = a_1 \cdot a_{NSK} \cdot (C / P)^P$ で算出する。

【選択図】 図3

出願人履歴情報

識別番号 [000004204]

1. 変更年月日 1990年 8月29日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都品川区大崎1丁目6番3号

氏 名 日本精工株式会社